化学化工物性数据手册

·无机卷·

增订版

全国图算学培训中心
青岛科技大学
组织编写

刘光启　马连湘　项曙光　主编



化学工业出版社

化学化工物性数据手册

• 无机卷（增订版）

全国图算学培训中心
青 岛 科 技 大 学 组织编写
刘光启　马连湘　项曙光　主编

化学工业出版社
·北京·

本手册共分17章，内容包括水和水蒸气，无机气体，无机酸，金属单质及其氧化物，非金属单质及其氧化物，氢化物和氢氧化物，氰化物和氰酸盐，氮化物和硝酸盐，氟化物和氟酸盐，氯化物和氯酸盐，溴化物和溴酸盐，碘化物和碘酸盐，碳化物和碳酸盐，硫化物和硫酸盐，磷化物和磷酸盐，金属酸盐和其他无机物料。书末附录包括门捷列夫元素周期表，化学元素的名称、符号、原子量和族别，危险物品分类和标志，危险品特性总览中风险性代号，危险品特性总览中的安全措施号和建筑规范火险分级。

本手册采用法定单位，以物性为主线，用数据表达了3512种无机物料的物性、危险品特性和化工产品的质量指标，内容全面、资料准确、实用性强、方便查阅。

本手册可供化学化工科学研究、工程设计研究院所科技人员、大专院校师生使用；对轻纺、食品、医药，机械、冶金、地质、环保等领域的相关技术人员和各行各业的化验人员也有很大的实用价值。

图书在版编目（CIP）数据

化学化工物性数据手册·无机卷/全国图算学培训中心，青岛科技大学组织编写；刘光启，马连湘，项曙光主编.增订版. —北京：化学工业出版社，2012.8

ISBN 978-7-122-14407-2

Ⅰ.①化… Ⅱ.①全…②青…③刘…④马…⑤项… Ⅲ.①化学物质-物理性质-数据-手册②无机化学-化学物质-物理性质-数据-手册 Ⅳ.①06-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2012）第113153号

责任编辑：辛　田　周国庆　　　文字编辑：冯国庆
责任校对：顾淑云　　　装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号　邮政编码100011）
印　　刷：北京永鑫印刷有限责任公司
装　　订：三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm　1/16　印张59　字数1496千字　2013年1月北京第2版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899
网　　址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：198.00元

《化学化工物性数据手册》编写人员名单

●无机卷（增订版）

主　　编： 刘光启　马连湘　项曙光

副 主 编： 李镇江　张春雷　崔建升　何　燕
陈学玺　夏亚穆　于善清　匡少平

参编人员： 程世超　毕荣山　孟阿兰　王晓波
宋丽超　张春玲　吴占超　于文娟
郭金学　刘　杰　耿延玲

增订版前言

虽然到现在为止，人们发现的化学元素仅有118个，但世界上的物质却有数百万种之多，每一种物质都有十几个乃至几十个物性，而且它们还会随温度、压强和其他因素的改变而变化，其数据量浩如烟海，故本手册中列出的只能是日常工作常用的、比较重要的一些物料物性。

物性数据是化学研究、化工生产和开发中重要的基础数据，无论是日常计算、设备设计、流程控制、产品质量优化和提高、化合物鉴别及应用研究上均不可缺少。随着社会经济的发展和我国科学技术水平的不断提高，化工研究已经发展到过程模拟仿真的阶段，作为基础的物性数据重要性更日益凸现。

古人云“工欲善其事，必先利其器”。称为化学化工领域科技人员“囊中之宝”的物性数据，是我们在生产、科研或设计中经常要查阅的资料。可是在10年前本书第一版面市之前，却很难找到一本较为实用的物性手册。查到的大多资料陈旧、支离破碎并沿用非法定单位制，用起来不能得心应手。虽然随着信息时代的到来，我国也有一些物性数据软件包，但由于其价格昂贵和另外一些原因，一时还难以普及，不能满足广大读者要求。编写《化学化工物性数据手册》的目的，就在于试图较好地解决这些问题，为化学和化工及其他领域的读者提供一本内容全面系统、资料准确、实用性强、查阅方便、采用法定单位制的物性工具书。

本手册第一版面市后受到了读者的欢迎，普遍认为信息量大、数据准确且较实用，能够较全面反映常用物性数据，但同时也还有可以改进之处。

值逢这次增订再版之际，根据我们的市场调查及读者反馈的信息，对其进行了许多重大补充和修改：一是增加了近800种无机物料物性（现达3512种）和近1200种有机物料物性（现达8469种）；二是增加了2092种危险品特性和1471种化工产品的质量指标；三是纠错并删除了部分次要内容，从而大大丰富了本书的内涵并增强了其实用性。

在这4年的修订过程中，由于三位主编和全体编者的共同努力，工作进展较为顺利。河北科技大学的崔建升教授和河北省环境监测中心站的张春雷正高级工程师做了出色的工作；全国图算学培训中心的其他同仁和青岛科技大学的老师们也都非常努力和认真。北京化工大学客座教授吴海琦先生，是一位仪表与自动化专家，他从自己工作的角度出发，

对增订版提出了富有建设性的意见和建议，有的已经做到了，由于条件和时间的限制，有的还没有做到，以后我们要努力去做。

北京圣金桥信息技术有限公司、山东汇智工程设计有限公司给予了大力支持。原化工部化工科学研究总院教授级高工杨宜年先生，曾任本书第一版顾问，提出过不少宝贵建议和意见。此外，在两次编写过程中，参考了很多作者有价值的文献，在此一并向他们表示感谢。

参加本书工作的还有张霖琳、赵岩、闫栋华、王辉、刘航、盛强、田伟、潘士一、冯云飞、逄铸涛、刘振芳、孙万青、马立东、王海琴、王继伟、张晨。

著名化工专家和教育家——华东理工大学教授琹定一先生，中国寰球化学工程公司总工程师卢焕章先生，曾分别担任本书第一版的名誉主编和编者，值此增订再版之际，特表示对他们的思念。

本手册不仅可供化学、化工、石化专业人士使用，而且可供环保、医药、轻工、机械、食品、纺织等行业科技人员参考。如果我们的努力能为读者的工作提供一些方便条件，就是我们的快乐所在。

本书内容虽经多次校核，但由于篇幅巨大且限于编者水平，难免会存在缺点和不足之处，希望读者在使用过程中不吝指正，我们期待中（邮箱：liuguangqi68@tom.com）。

主　编

2012年5月于青岛

总目录

无 机 卷

有 机 卷

无机卷使用说明

一、本手册将无机物料分为17章：1. 水和水蒸气，2. 无机气体，3. 无机酸，4. 金属单质及其氧化物，5. 非金属单质及其氧化物，6. 氢化物和氢氧化物，7. 氰化物和氰酸盐，8. 氮化物和硝酸盐，9. 氟化物和氟酸盐，10. 氯化物和氯酸盐，11. 溴化物和溴酸盐，12. 碘化物和碘酸盐，13. 碳化物和碳酸盐，14. 硫化物和硫酸盐，15. 磷化物和磷酸盐，16. 金属酸盐，17. 其他无机物料。

二、物性用表格形式表示，包括一般物性总览表、危险品特性总览表和个性表三类。在总览表中，物料按分子式字母次序排列，其晶形栏中，各字的含义如下。

无—无定形　三—三斜晶　四—四方晶　六—六方晶　八—八面晶　平—平面晶
正—正方晶　立—立方晶　单—单斜晶　角—角柱晶　羽—羽毛状　针—针状晶
斜—斜方晶　棱—棱角晶　晶—结晶体　非—非晶体　固—固　体　液—液　体
玻—玻璃体　片—片　状　粉—粉末状　油—油　状　团—团　状　墨—石墨状
丝—丝　状　粒—粒　状　浆—浆　状　糖—糖浆状　淀—沉淀物　黏—黏稠液
胶—胶　状　蜡—蜡　状　膏—膏　状　L—晶形变化

三、在密度一栏中，数字右上角标明的为与其相应的温度值，未标明的为常温下的密度。

四、在熔点和沸点一栏中，140-41表示140～141℃，240-55表示240～255℃，依此类推。在一些情况下，它们还可能与压强有关，为此在其数值右上角标明了相应大气压值（以kPa为单位），例如40^{70}表示在70kPa压强下，其熔点（或沸点）是40℃；未标明的为常压下的数值。另外，“200∥”表示其熔点（或沸点）为200℃，此时物料发生分解；而“∥200”则表示在到达熔点（或沸点）之前（＜200℃）时就发生分解。

五、在颜色一栏中，由于有些物料的颜色随杂质含量的多少、储存时间的长短，或是否见阳光、接触氧气、受热等因素有关，且不同的人对同一颜色的分辨和表达上也有一定的差异，故可能会出现偏差。

六、在溶解度一栏中，数字右上角标明的也为与其相应的温度值，例如130^{80}表示在80℃时，100g某溶剂中可溶解130g（无水）某物质。当溶解度不能定量表示时，则使用定性符号：－表示不溶，÷表示微溶或难溶，÷÷表示极微溶或极难溶，＋表示溶解，＋＋表示易溶，＋＋＋表示极易溶，∞表示可以任何比例互溶。

溶剂一栏中的冷水是指温度为0℃的水，而热水是指温度为100℃的水，否则则注明具体温度。当原参考文献中未注明是冷水还是热水时，则采用通栏形式；该栏中的酸，用N表示硝酸，S表示硫酸，Cl表示盐酸，且一般是指它们的稀水溶液，对其浓水溶液，则加“′”表示，对其热溶液，则加“*”表示，对其冷溶液，则加“*”表示；“碱”只表示KOH和NaOH水溶液，其他（如NH_4OH）则另外注明，对其熔融液，则加“**”表示；“乙醇”为95％浓度乙醇。

七、其他符号：/表示微分解，·/·表示缓慢分解，//表示分解，//100 表示在 100 ℃时只发生分解，100 //表示在 100 ℃熔点（或沸点）时，同时有分解发生，/// 表示猛烈分解，～表示吸湿或易潮解，≈表示很易潮解，⌊表示相变温度，↑表示升华，×表示反应，→表示生成……。$-2H_2O$500 表示在 500 ℃时失去 2 个水分子。

八、由于物料的物性数据繁杂，而物性总览表中所设栏目又有限，所以为了版面的美观起见，除了在必要时加“注”以外，也会出现少数项目在表中不完全对应的情况，实为无法避免。

九、危险品特性总览中燃烧性代号：不表示不燃，助表示助燃，易表示易燃，可表示可燃，—表示无资料，※表示无意义。

灭火介质：S 表示水，W 表示雾状水，Sw 表示用水无效；1 表示 1211 灭火剂，G 表示干粉灭火剂，P 表示泡沫灭火剂，SJ 表示酸碱灭火剂，R 表示二氧化碳灭火剂，KP 表示抗溶性泡沫；T 表示砂土；K 表示可用任何灭火介质，QD 表示切断电源，QQ 表示切断气源。冠以 J 时表示禁止使用该灭火介质。

危险品特性总览中的危险品分类代号见附录 3，风险性代号见附录 4，安全措施号见附录 5，建筑设计火险分类代号见附录 6。

第1章　水和水蒸气

目　　录

1.1 物性总览

表 1.1.1 水的物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	折射率	密度 /(kg/m³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
H_2O	水	18.02	无	液	1.333^{20}	1000^{4}	—	100.0			∞	∞	∞	÷乙醚
D_2O	重水	20.03	无	液或六	1.328^{20}	1107^{20}	3.82	101.4	∞	∞			∞	÷乙醚
H_2O	冰	18.02	白	六	1.309	917^{0}	0.0	—		∞	∞	∞	∞	÷乙醚

1.2 密度和比容

表 1.2.1 饱和水与干饱和蒸汽的密度和比容（温度为变量）

温度 t /℃	压力 p /kPa	比容		密度		温度 t /℃	压力 p /kPa	比容		密度	
		水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''			水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''
		/(m³/kg)		/(kg/m³)				/(m³/kg)		/(kg/m³)	
1	0.6566	0.0010001	192.6	999.9	0.005192	31	4.491	0.0010047	31.20	995.32	0.03205
2	0.7054	0.0010001	179.9	999.9	0.005559	32	4.753	0.0010051	29.57	994.93	0.03382
3	0.7575	0.0010001	168.2	999.9	0.005945	33	5.029	0.0010054	28.04	994.63	0.03566
4	0.8129	0.0010001	157.3	999.9	0.006357	34	5.318	0.0010057	26.60	994.33	0.03759
5	0.8719	0.0010001	147.2	999.9	0.006793	35	5.622	0.0010061	25.24	993.94	0.03962
6	0.9347	0.0010001	137.8	999.9	0.007257	36	5.940	0.0010064	23.97	993.64	0.04172
7	1.0013	0.0010001	129.1	999.9	0.007746	37	6.274	0.0010068	22.77	993.25	0.04392
8	1.0721	0.0010002	121.0	999.8	0.008264	38	6.624	0.0010071	21.63	992.95	0.04623
9	1.1473	0.0010003	113.4	999.70	0.008818	39	6.991	0.0010075	20.56	992.56	0.04864
10	1.2277	0.0010004	106.4	999.6	0.009398	40	7.375	0.0010079	19.55	992.16	0.05115
11	1.3118	0.0010005	99.91	999.5	0.01001	41	7.777	0.0010083	18.59	991.77	0.05379
12	1.4016	0.0010006	93.84	999.4	0.01066	42	8.198	0.0010087	17.69	991.38	0.05653
13	1.4967	0.0010007	88.18	999.3	0.01134	43	8.639	0.0010091	16.84	990.98	0.05938
14	1.5974	0.0010008	82.90	999.2	0.01206	44	9.101	0.0010095	16.04	990.59	0.06234
15	1.7041	0.0010010	77.97	999.0	0.01282	45	9.584	0.0010099	15.28	990.20	0.06544
16	1.817	0.0010011	73.39	998.9	0.01363	46	10.088	0.0010103	14.56	989.81	0.06868
17	1.9364	0.0010013	69.10	998.7	0.01447	47	10.614	0.0010108	13.88	989.32	0.07205
18	2.062	0.0010015	65.09	998.5	0.01536	48	11.163	0.0010112	12.23	988.92	0.07559
19	2.196	0.0010016	61.34	998.40	0.01630	49	11.736	0.0010116	12.62	988.53	0.07924
20	2.337	0.0010018	57.84	998.20	0.01729	50	12.335	0.0010121	12.04	988.04	0.08306
21	2.486	0.0010021	54.56	997.9	0.01833	51	12.96	0.0010126	11.50	987.56	0.08696
22	2.643	0.0010023	51.50	997.71	0.01942	52	13.612	0.0010130	10.98	987.17	0.09107
23	2.808	0.0010025	48.62	997.51	0.02057	53	14.292	0.0010135	10.49	986.68	0.09533
24	2.982	0.0010028	45.93	997.21	0.02177	54	15.001	0.0010140	10.02	986.19	0.09980
25	3.166	0.0010030	43.40	997.01	0.02304	55	15.74	0.0010145	9.578	985.71	0.1044
26	3.360	0.0010033	41.04	996.71	0.02437	56	16.51	0.0010150	9.158	985.22	0.1092
27	3.564	0.0010036	38.82	996.41	0.02576	57	17.312	0.0010155	8.757	984.74	0.1142
28	3.779	0.0010038	36.73	996.21	0.02723	58	18.146	0.0010160	8.380	984.25	0.1193
29	4.004	0.0010041	34.77	995.92	0.02876	59	19.014	0.0010166	8.020	983.67	0.1247
30	4.241	0.0010044	32.93	995.62	0.03037	60	19.917	0.0010171	7.678	983.19	0.1302

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比容 水 v' /(m³/kg)	比容 汽 v'' /(m³/kg)	密度 水 ρ' /(kg/m³)	密度 汽 ρ'' /(kg/m³)	温度 t /℃	压力 p /kPa	比容 水 v' /(m³/kg)	比容 汽 v'' /(m³/kg)	密度 水 ρ' /(kg/m³)	密度 汽 ρ'' /(kg/m³)
61	20.86	0.0010177	7.353	982.61	0.1360	109	138.52	0.0010507	1.249	951.75	0.8006
62	21.84	0.0010182	7.043	982.13	0.1420	110	143.26	0.0010515	1.210	951.02	0.8264
63	22.85	0.0010188	6.749	981.55	0.1482	111	148.14	0.0010523	1.173	950.30	0.8525
64	23.91	0.0010193	6.468	981.07	0.1546	112	153.16	0.0010532	1.137	949.49	0.8795
65	25.01	0.0010199	6.201	980.49	0.1613	113	158.31	0.0010540	1.102	948.77	0.9074
66	26.15	0.0010205	5.947	979.91	0.1681	114	163.61	0.0010549	1.069	947.96	0.9354
67	27.33	0.0010210	5.705	979.43	0.1753	115	169.05	0.0010559	1.036	947.15	0.9652
68	28.56	0.0010216	5.475	978.86	0.1826	116	174.64	0.0010567	1.005	946.34	0.9950
69	29.84	0.0010222	5.255	978.28	0.1903	117	180.38	0.0010576	0.9754	945.54	1.025
70	31.17	0.0010228	5.045	977.71	0.1982	118	186.28	0.0010585	0.9465	944.73	1.056
71	82.54	0.0010234	4.846	977.14	0.2064	119	192.33	0.0010594	0.9186	943.93	1.089
72	33.96	0.0010240	4.655	976.56	0.2148	120	198.54	0.0010603	0.8917	943.13	1.121
73	35.43	0.0010246	4.473	975.99	0.2236	121	204.91	0.0010612	0.8657	942.33	1.155
74	36.96	0.0010252	4.299	975.42	0.2326	122	211.44	0.0010621	0.8407	941.53	1.189
75	38.55	0.0010258	4.133	974.85	0.2420	123	218.14	0.0010630	0.8164	940.73	1.225
76	40.19	0.0010264	3.975	974.28	0.2516	124	225.02	0.0010640	0.7930	939.85	1.261
77	41.89	0.0010270	3.824	973.71	0.2615	125	232.08	0.0010649	0.7704	939.06	1.298
78	43.65	0.0010277	3.679	973.05	0.2718	126	239.32	0.0010658	0.7486	938.26	1.336
79	45.47	0.0010283	3.540	972.48	0.2825	127	246.74	0.0010668	0.7276	937.38	1.374
80	47.36	0.0010290	3.408	971.82	0.2934	128	254.34	0.0010677	0.7074	936.59	1.414
81	49.31	0.0010297	3.282	971.16	0.3047	129	262.13	0.0010687	0.6880	935.72	1.454
82	51.33	0.0010304	3.161	970.50	0.3164	130	270.11	0.0010697	0.6683	934.84	1.496
83	53.42	0.0010310	3.045	969.93	0.3284	131	278.29	0.0010707	0.6499	933.97	1.539
84	55.58	0.0010317	2.934	969.27	0.3408	132	286.68	0.0010717	0.6321	933.10	1.582
85	57.81	0.0010324	2.828	968.62	0.3536	133	295.28	0.0010727	0.6148	932.23	1.626
86	60.11	0.0010331	2.727	967.96	0.3667	134	304.1	0.0010737	0.5981	931.36	1.672
87	62.49	0.0010338	2.629	967.31	0.3804	135	313.0	0.0010747	0.5820	930.49	1.718
88	64.95	0.0010345	2.536	966.65	0.3943	136	322.2	0.0010757	0.5664	929.63	1.765
89	67.49	0.0010352	2.447	966.00	0.4087	137	331.7	0.0010767	0.5512	928.76	1.814
90	70.11	0.0010359	2.361	965.34	0.4235	138	341.4	0.0010777	0.5366	927.90	1.864
91	72.81	0.0010366	2.227	964.69	0.1388	139	351.3	0.0010788	0.5224	926.96	1.914
92	75.60	0.0010373	2.220	964.04	0.4545	140	361.4	0.0010798	0.5087	926.10	1.966
93	78.48	0.0010381	2.124	963.30	0.4708	141	371.7	0.0010808	0.4953	925.24	2.019
94	81.45	0.0010388	2.052	962.65	0.4873	142	382.3	0.0010819	0.4824	924.30	2.073
95	84.51	0.0010396	1.982	961.91	0.5045	143	393.1	0.0010829	0.4699	923.45	2.128
96	87.67	0.0010404	1.915	961.17	0.5222	144	404.2	0.0010840	0.4579	922.51	2.184
97	90.93	0.0010412	1.851	960.43	0.5402	145	415.5	0.0010851	0.4461	921.57	2.242
98	94.29	0.0010420	1.789	959.69	0.5590	146	427.1	0.0010862	0.4347	920.64	2.300
99	97.75	0.0010427	1.730	959.05	0.5780	147	438.9	0.0010873	0.4237	919.71	2.360
100	101.31	0.0010435	1.673	958.31	0.5977	148	451.0	0.0010884	0.4130	918.78	2.421
101	104.98	0.0010443	1.618	957.58	0.6181	149	463.4	0.0010895	0.4026	917.85	2.484
102	108.76	0.0010450	1.566	956.94	0.6386	150	476.0	0.0010906	0.3926	916.93	2.547
103	112.65	0.0010458	1.515	956.21	0.6801	151	488.9	0.0010917	0.3828	916.00	2.612
104	116.66	0.0010466	1.466	955.47	0.6821	152	502.0	0.0010928	0.3733	915.08	2.679
105	120.79	0.0010474	1.419	954.75	0.7047	153	515.5	0.0010939	0.3641	914.16	2.746
106	125.04	0.0010482	1.374	954.02	0.7278	154	529.3	0.0010950	0.3552	913.24	2.815
107	129.41	0.0010490	1.331	953.29	0.7513	155	543.3	0.0010962	0.3466	912.24	2.885
108	133.9	0.0010498	1.289	952.56	0.7758	156	557.6	0.0010974	0.3381	911.24	2.958

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比容 /(m^3/kg)		密度 /(kg/m^3)		温度 t /℃	压力 p /kPa	比容 /(m^3/kg)		密度 /(kg/m^3)	
		水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''			水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''
157	572.3	0.0010986	0.3299	910.25	3.030	205	1724.5	0.0011644	0.1151	858.81	8.688
158	587.2	0.0010998	0.3220	909.26	3.106	206	1760.1	0.0011660	0.1128	857.63	8.865
159	602.4	0.0011009	0.3143	908.335	3.182	207	1796.2	0.0011676	0.1106	856.46	9.042
160	618.0	0.0011021	0.3068	907.36	3.258	208	1832.9	0.0011693	0.1084	855.21	9.225
161	633.9	0.0011033	0.2996	906.37	3.338	209	1870.1	0.0011709	0.1063	854.04	9.407
162	650.2	0.0011044	0.2925	905.47	3.419	210	1908.0	0.0011726	0.1043	852.81	9.588
163	666.7	0.0011056	0.2856	904.49	3.500	211	1946.4	0.0011743	0.1023	851.57	9.775
164	683.6	0.0011069	0.2790	903.42	3.584	212	1985.5	0.0011760	0.1003	850.34	9.970
165	700.8	0.0011081	0.2725	902.45	3.670	213	2025.2	0.0011778	0.09836	849.04	10.17
166	718.3	0.0011094	0.2662	901.39	3.757	214	2065.4	0.0011795	0.09649	847.82	10.36
167	736.2	0.0011106	0.2600	900.41	3.846	215	2106.2	0.0011812	0.09465	846.60	10.56
168	754.5	0.0011119	0.2541	8993.6	3.935	216	2147.7	0.0011859	0.09285	845.38	10.77
169	773.1	0.0011131	0.2483	898.39	4.027	217	2189.9	0.0011846	0.09110	844.17	10.98
170	792.0	0.0011144	0.2426	897.34	4.122	218	2232.7	0.0011864	0.08938	842.89	11.19
171	811.4	0.0011156	0.2371	896.38	4.218	219	2276.1	0.0011882	0.08770	841.61	11.40
172	831.1	0.0011169	0.2318	895.34	4.314	220	2320.1	0.0011900	0.08606	840.34	11.62
173	851.1	0.0011182	0.2266	894.29	4.413	221	2364.9	0.0011918	0.08446	839.07	11.84
174	817.6	0.0011195	0.2215	893.26	4.515	222	2410.3	0.0011937	0.08288	837.73	12.06
175	892.5	0.0011208	0.2166	892.22	4.617	223	2456.3	0.0011955	0.08135	836.47	12.29
176	913.7	0.0011221	0.2118	891.19	4.721	224	2503.0	0.0011973	0.07984	835.21	12.52
177	935.4	0.0011234	0.2071	890.15	4.829	225	2550.4	0.0011992	0.07837	833.89	12.76
178	957.4	0.0011248	0.2026	889.05	4.936	226	2598.4	0.0012011	0.07693	832.57	13.00
179	979.9	0.0011261	0.1982	888.02	5.045	227	2647.5	0.0012029	0.07552	831.32	13.24
180	1002.7	0.0011275	0.1939	886.92	5.157	228	2696.7	0.0012048	0.07414	830.01	13.49
181	1026.0	0.0011289	0.1897	885.82	5.271	229	2746.9	0.0012068	0.07279	828.64	13.74
182	1049.7	0.0011303	0.1856	884.72	5.388	230	2797.9	0.0012087	0.07147	827.34	13.99
183	1073.8	0.0011316	0.1816	883.70	5.507	231	2849.5	0.0012167	0.07018	825.97	14.25
184	1098.4	0.0011330	0.1777	882.61	5.627	232	2901.9	0.0012126	0.06891	824.67	14.51
185	1123.4	0.0011344	0.1739	881.52	5.750	233	2955.0	0.0012146	0.06767	823.32	14.78
186	1148.8	0.0011358	0.1702	880.44	5.875	234	3008.9	0.0012167	0.06646	821.90	15.05
187	1174.7	0.0011372	0.1666	879.35	6.002	235	3063.5	0.0012187	0.06527	820.35	15.32
188	1201.1	0.0011386	0.1631	878.27	6.131	236	3118.8	0.0012208	0.06410	819.13	15.60
189	1228.0	0.0011401	0.1597	877.12	6.262	237	3174.9	0.0012228	0.06296	817.80	15.88
190	1255.3	0.0011415	0.1564	876.04	6.394	238	3231.8	0.0012249	0.06184	816.39	16.17
191	1283.0	0.0011430	0.1531	874.89	6.532	239	3289.5	0.0012270	0.06075	815.00	16.46
192	1311.2	0.0011445	0.1499	873.74	6.671	240	3348.0	0.0012291	0.05967	813.60	16.76
193	1340.0	0.0011459	0.1468	872.68	6.812	241	3407.3	0.0012312	0.05862	812.22	17.06
194	1369.2	0.0011474	0.1438	871.54	6.954	242	3467.3	0.0012334	0.05759	810.77	17.36
195	1398.9	0.0011489	0.1409	870.40	7.097	243	3528.2	0.0012355	0.05658	809.39	17.67
196	1429.1	0.0011504	0.1380	869.26	7.246	244	3589.9	0.0012377	0.05559	807.95	17.99
197	1459.8	0.0011519	0.1352	868.13	7.396	245	3652.4	0.0012399	0.05462	806.53	18.30
198	1491.0	0.0011534	0.1325	867.00	7.547	246	3715.7	0.0012421	0.05367	805.09	18.63
199	1522.8	0.0011550	0.1298	865.80	7.704	247	3779.9	0.0012443	0.05278	803.66	18.96
200	1555.1	0.0011565	0.1272	864.68	7.862	248	3845.0	0.0012466	0.05183	802.18	19.29
201	1587.9	0.0011581	0.1246	863.48	8.026	249	3910.9	0.0012489	0.05093	800.70	19.63
202	1621.2	0.0011596	0.1221	862.37	8.190	250	3977.6	0.0012512	0.5006	799.23	19.28
203	1655.1	0.0011612	0.1197	861.18	8.354	251	4045	0.0012536	0.04919	797.70	20.33
204	1689.5	0.0011628	0.1174	859.99	8.518	252	4114	0.0012559	0.04835	796.24	20.68

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比　容		密　度		温度 t /℃	压力 p /kPa	比　容		密　度	
		水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''			水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''
		/(m^3/kg)		/(kg/m^3)				/(m^3/kg)		/(kg/m^3)	
253	4184	0.0012583	0.04752	794.72	21.04	301	8714	0.001407	0.02129	7710.73	46.97
254	4254	0.0012607	0.04671	793.21	21.41	302	8837	0.001412	0.02094	7708.22	47.75
255	4325	0.0012631	0.04591	791.70	21.78	303	8961	0.001416	0.02059	776.21	48.57
256	4397	0.0012655	0.04513	790.20	22.16	304	9087	0.001420	0.022025	704.23	49.38
257	4470	0.0012680	0.04436	788.64	22.54	305	9214	0.001425	0.021992	701.75	50.20
258	4543	0.0012705	0.04361	787.69	22.93	306	9342	0.001429	0.02159	699.79	51.05
259	4618	0.0012730	0.04287	785.55	23.33	307	9472	0.001434	0.01926	697.35	51.92
260	4694	0.0012755	0.04215	784.01	23.72	308	9603	0.001438	0.01894	695.41	52.80
261	4771	0.0012781	0.04144	782.41	24.13	309	9736	0.001443	0.01863	693.00	63.68
262	4848	0.0012807	0.04074	780.82	24.55	310	9870	0.001447	0.01832	691.09	54.58
263	4927	0.0012833	0.04005	770.24	24.96	311	10005	0.001452	0.01810	688.71	55.52
264	5006	0.0012859	0.03938	777.67	25.39	312	10142	0.001457	0.01771	686.84	56.46
265	5087	0.0012886	0.03872	776.04	25.83	313	10280	0.001462	0.01741	683.99	57.44
266	5169	0.0012913	0.03807	774.41	26.26	314	10420	0.001467	0.01712	681.66	58.41
267	5251	0.0012940	0.03744	772.80	26.71	315	10561	0.001472	0.01683	679.35	59.42
269	5335	0.0012967	0.03681	7711.9	27.16	316	10704	0.001477	0.01655	677.05	60.42
269	5419	0.0013995	0.03620	769.53	27.62	317	10848	0.001483	0.01627	674.31	61.46
270	5505	0.0013023	0.03560	767.87	28.09	318	10994	0.001488	0.01599	672.04	62.54
271	5592	0.0013051	0.03501	766.22	28.56	319	11141	0.001494	0.01572	669.34	63.61
272	5679	0.0013080	0.03443	764.53	29.04	320	11290	0.001499	0.01545	667.11	64.72
273	5768	0.0013109	0.03386	762.83	29.53	321	11440	0.001505	0.01519	664.45	65.83
274	5858	0.0013138	0.03330	761.15	30.03	322	11592	0.001511	0.01493	661.81	66.99
275	5949	0.0013168	0.03274	759.42	30.53	323	11715	0.001517	0.01467	659.20	68.17
276	6041	0.0013198	0.03220	757.69	31.06	324	11900	0.001523	0.01442	666.60	69.35
277	6134	0.0013228	0.03167	755.97	31.58	325	12057	0.001529	0.01417	654.02	70.57
278	6228	0.0013259	0.03115	754.20	32.10	326	12215	0.001535	0.01392	651.47	71.84
279	6323	0.0013290	0.03064	752.45	32.64	327	12375	0.001542	0.01368	648.51	73.10
280	6419	0.0013321	0.03013	750.69	33.19	328	12537	0.001548	0.01344	645.99	74.40
281	6517	0.0013353	0.02964	748.90	33.74	329	12700	0.001555	0.01320	643.09	75.76
282	6616	0.0013385	0.02915	747.10	34.30	330	12865	0.001562	0.01297	640.20	77.10
283	6715	0.0013417	0.02867	745.32	34.88	331	13031	0.001569	0.01274	637.35	78.49
284	6816	0.0013450	0.02820	743.49	35.46	332	13199	0.001577	0.01251	634.12	79.94
285	6918	0.0013483	0.02773	741.67	36.05	333	13369	0.001584	0.01228	631.31	81.43
286	7021	0.0013516	0.02728	739.86	36.66	334	13541	0.001591	0.01206	628.54	82.92
287	7125	0.0013550	0.02684	738.01	37.26	335	13714	0.001599	0.01184	625.39	84.46
288	7230	0.0013585	0.02640	736.11	37.88	336	13889	0.001607	0.01162	622.28	86.06
289	7337	0.0013620	0.02596	734.12	38.52	337	14066	0.001615	0.01141	619.20	87.64
290	7445	0.0013655	0.02554	732.33	39.15	338	14245	0.001623	0.01120	616.14	89.29
291	7554	0.0013691	0.02512	730.41	39.81	339	14426	0.001631	0.01099	613.12	90.99
292	7664	0.0013757	0.02471	728.49	40.47	340	14608	0.001639	0.01078	610.13	92.76
293	7776	0.0013764	0.02430	726.53	41.15	341	14792	0.001648	0.01057	606.80	94.60
294	7888	0.0013801	0.02390	724.59	41.84	342	14978	0.001658	0.01037	603.14	96.43
295	8002	0.0013839	0.02351	722.60	42.53	343	15166	0.001667	0.01017	599.88	98.33
296	8118	0.0013977	0.02312	720.62	43.23	344	15356	0.001676	0.00969	596.66	100.31
297	8235	0.0013916	0.02275	718.60	43.96	345	15548	0.001686	0.00977	593.12	102.34
298	8352	0.0013956	0.02237	716.54	44.70	346	15742	0.001696	0.00957	589.62	104.45
299	8471	0.0013996	0.02200	714.49	45.43	347	15938	0.001707	0.00938	585.82	106.62
300	8592	0.0014036	0.02164	7712.45	46.21	348	16135	0.001718	0.00919	582.07	108.86

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比容		密度		温度 t /℃	压力 p /kPa	比容		密度	
		水 v′	汽 v″	水 ρ′	汽 ρ″			水 v′	汽 v″	水 ρ′	汽 ρ″
		/(m³/kg)		/(kg/m³)				/(m³/kg)		/(kg/m³)	
349	16335	0.001729	0.00899	5783.37	111.17	363	19360	0.001968	0.00637	568.13	157.0
350	16537	0.001741	0.00880	574.38	113.6	364	19594	0.00199	0.00618	502.51	161.8
351	16741	0.001752	0.00861	670.78	116.1	365	19830	0.00202	0.00599	495.05	166.8
352	16947	0.001764	0.00842	566.89	118.7	366	20069	0.00205	0.00580	487.80	172.5
353	17155	0.001777	0.00824	562.75	121.4	367	20311	0.00208	0.00559	480.77	178.8
354	17365	0.001792	0.00805	558.04	124.2	368	20556	0.00212	0.00538	471.70	185.8
355	17577	0.001807	0.00787	553.40	127.1	369	20803	0.00217	0.00516	460.83	193.6
356	17792	0.001823	0.00768	548.55	130.0	370	21053	0.00222	0.00493	450.45	203
357	18009	0.001840	0.00750	543.48	133.2	371	21306	0.00229	0.00468	436.68	214
358	18228	0.001857	0.00731	533.50	136.6	372	21563	0.00238	0.00440	420.17	227
359	18450	0.001875	0.00713	533.33	140.2	373	21823	0.00251	0.00405	398.41	247
360	18674	0.001894	0.00694	527.98	144.0	374	22087	0.00280	0.00347	357.14	288
361	18900	0.001918	0.00675	521.38	148.1	374.15	22130	0.00326	0.00326	306.75	306.75
362	19129	0.001943	0.00656	514.67	152.4						

表 1.2.2 饱和水与干饱和蒸汽的密度和比容（压强为变量）

压力 p /kPa	温度 t /℃	比容		密度		压力 p /kPa	温度 t /℃	比容		密度	
		水 v′	汽 v″	水 ρ′	汽 ρ″			水 v′	汽 v″	水 ρ′	汽 ρ″
		/(m³/kg)		/(kg/m³)				/(m³/kg)		/(kg/m³)	
1.0	6.920	0.001000	129.9	999.9	0.00770	21	61.14	0.001018	7.304	982.6	0.1369
1.5	13.04	0.001001	87.90	999.3	0.01138	22	62.16	0.001018	6.992	982.0	0.1430
2.0	17.51	0.001001	66.97	998.6	0.01930	23	63.14	0.001019	6.708	981.5	0.1491
2.5	21.09	0.001002	54.24	997.9	0.01843	24	64.08	0.001019	6.445	981.1	0.1551
3.0	24.10	0.001003	45.66	997.2	0.02190	25	64.99	0.001020	6.202	980.5	0.1612
3.5	26.69	0.001004	39.48	996.5	0.02533	26	65.88	0.001020	5.977	980.0	0.1673
4.0	28.98	0.001004	34.81	995.9	0.02873	27	66.73	0.001021	5.769	979.5	0.1733
4.5	31.03	0.001005	31.13	995.3	0.03211	28	67.55	0.001021	5.576	979.0	0.1793
5.0	32.88	0.001005	28.19	994.7	0.03547	29	68.35	0.001022	5.395	978.7	0.1853
5.5	34.59	0.001006	25.77	994.1	0.03880	30	69.12	0.001022	5.226	978.3	0.1913
6.0	36.18	0.001006	23.74	993.6	0.04212	32	70.60	0.001023	4.922	977.3	0.2032
6.5	37.65	0.001007	22.02	993.0	0.04542	34	72.02	0.001024	4.650	976.6	0.2151
7.0	39.03	0.001008	20.53	992.6	0.04871	36	73.36	0.001025	4.407	975.8	0.2269
7.5	40.32	0.001008	19.23	992.1	0.05198	38	74.64	0.001026	4.189	975.0	0.2387
8.0	41.54	0.001009	18.10	991.6	0.05525	40	75.88	0.001026	3.994	974.3	0.2504
8.5	42.69	0.001009	17.10	991.1	0.05849	45	78.75	0.001028	3.574	972.6	0.2797
9.0	43.79	0.001009	16.20	990.7	0.06172	50	81.05	0.001030	3.239	971.0	0.3087
9.5	44.84	0.001010	15.40	990.3	0.06493	55	83.74	0.001032	2.963	969.5	0.3375
10	45.84	0.001010	14.68	989.8	0.06812	60	85.95	0.001033	2.732	968.1	0.3661
11	47.72	0.001011	13.40	989.0	0.07462	65	88.02	0.001035	2.534	966.7	0.3946
12	49.45	0.001012	12.35	988.2	0.08097	70	89.97	0.001036	2.364	965.3	0.4230
13	51.07	0.001013	11.46	987.6	0.08726	75	91.80	0.001037	2.216	964.1	0.4512
14	52.58	0.001013	10.69	986.9	0.09354	80	93.52	0.001039	2.087	962.9	0.4792
15	54.00	0.001014	10.02	986.2	0.09980	85	95.16	0.001040	1.972	961.8	0.5071
16	55.34	0.001015	9.429	985.5	0.10600	90	96.72	0.001041	1.869	960.7	0.5350
17	56.61	0.001015	8.909	984.9	0.1123	95	98.21	0.001042	1.777	959.6	0.5627
18	57.82	0.001016	8.444	984.3	0.1185	100	99.64	0.001043	1.694	958.6	0.5903
19	58.98	0.001017	8.025	983.8	0.1247	110	102.32	0.001045	1.550	956.8	0.6453
20	60.08	0.001017	7.647	983.2	0.1308	120	104.81	0.001047	1.429	954.9	0.6999

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比容 水 v' /(m³/kg)	比容 汽 v'' /(m³/kg)	密度 水 ρ' /(kg/m³)	密度 汽 ρ'' /(kg/m³)	压力 p /kPa	温度 t /℃	比容 水 v' /(m³/kg)	比容 汽 v'' /(m³/kg)	密度 水 ρ' /(kg/m³)	密度 汽 ρ'' /(kg/m³)
130	107.14	0.001049	1.325	953.1	0.7545	720	166.10	0.001110	0.2656	901.3	3.765
140	109.33	0.001051	1.236	951.5	0.8088	740	167.21	0.001111	0.2588	900.2	3.864
150	111.38	0.001053	1.159	949.9	0.8627	760	168.30	0.001112	0.2523	899.0	3.963
160	113.32	0.001054	1.091	948.5	0.9164	780	169.37	0.001114	0.2462	898.0	4.062
170	115.17	0.001056	1.031	947.1	0.9699	800	170.42	0.001115	0.2403	896.9	4.161
180	116.94	0.001058	0.9773	9456	1.023	820	171.44	0.001116	0.2347	895.9	4.260
190	118.62	0.001059	0.9290	944.2	1.076	840	172.44	0.001118	0.2294	894.9	4.359
200	120.23	0.001061	0.8854	943.0	1.129	860	173.43	0.001119	0.2243	893.9	4.458
210	121.78	0.001062	0.8459	941.7	1.182	880	174.40	0.001120	0.2195	892.9	4.556
220	123.27	0.001063	0.8098	940.5	1.235	900	175.35	0.001121	0.2149	891.8	4.654
230	124.71	0.001065	0.7768	939.3	1.287	920	176.29	0.001123	0.2104	890.9	4.753
240	126.09	0.001066	0.7465	938.2	1.340	940	177.21	0.001124	0.2061	889.9	4.852
250	127.43	0.001067	0.7185	937.0	1.393	960	178.12	0.001125	0.2020	889.0	4.949
260	128.73	0.001069	0.6925	935.9	1.444	980	179.01	0.001126	0.1982	888.0	5.045
270	129.98	0.001070	0.6684	934.8	1.496	1000	179.88	0.001127	0.1946	887.1	5.139
280	131.20	0.001071	0.6461	933.8	1.548	1050	182.00	0.001130	0.1856	884.7	5.388
290	132.39	0.001072	0.6253	932.7	1.599	1100	184.05	0.001133	0.1775	882.5	5.634
300	133.54	0.001073	0.6057	931.7	1.651	1150	186.04	0.001136	0.1701	880.4	5.879
310	134.66	0.001074	0.5873	930.8	1.703	1200	187.95	0.001139	0.1633	878.3	6.124
320	135.75	0.001075	0.5701	929.9	1.754	1250	189.80	0.001141	0.1570	876.3	6.369
330	136.82	0.001077	0.5539	928.9	1.805	1300	191.60	0.001143	0.1512	874.3	6.614
340	137.86	0.001078	0.5386	928.0	1.857	1350	193.34	0.001146	0.1458	872.3	6.859
350	138.88	0.001079	0.5241	927.1	1.908	1400	195.04	0.001149	0.1408	870.3	7.103
360	139.87	0.001080	0.5104	926.2	1.959	1450	196.68	0.001152	0.1361	868.4	7.348
370	140.84	0.001081	0.4975	925.3	2.010	1500	198.28	0.001154	0.1317	866.6	7.593
380	141.79	0.001082	0.4852	924.5	2.061	1550	199.84	0.001156	0.1276	864.8	7.837
390	142.71	0.001083	0.4735	923.6	2.112	1600	201.36	0.001159	0.1238	863.1	8.080
400	143.62	0.001084	0.4624	922.8	2.163	1650	202.85	0.001161	0.1201	861.4	8.325
410	141.51	0.001085	0.4518	922.1	2.213	1700	204.30	0.001163	0.1167	859.7	8.569
420	145.89	0.001086	0.4416	921.2	2.264	1750	205.72	0.001166	0.1135	858.0	8.812
430	146.25	0.001087	0.4391	920.4	2.315	1800	207.10	0.001168	0.1104	856.3	9.058
440	147.09	0.001087	0.4227	919.6	2.366	1850	208.45	0.001170	0.1075	854.7	9.303
450	147.92	0.001088	0.4139	918.9	2.416	1900	209.78	0.001172	0.1047	853.1	9.549
460	148.73	0.001089	0.4054	918.1	2.167	1950	211.09	0.001174	0.1021	851.5	9.795
470	149.53	0.001090	0.3973	917.3	2.617	2000	212.37	0.001177	0.09958	849.9	10.041
480	150.41	0.001091	0.3895	916.6	2.568	2050	213.62	0.001179	0.09719	848.3	10.29
490	151.08	0.001092	0.3819	915.9	2.618	2100	214.84	0.001181	0.09492	846.8	10.54
500	151.84	0.001093	0.3747	915.2	2.669	2150	216.05	0.001183	0.09276	845.3	10.78
520	153.32	0.001094	0.3612	913.8	2.769	2200	217.24	0.001185	0.09068	843.8	11.03
540	154.76	0.001096	0.3485	912.4	2.869	2250	218.41	0.001187	0.08869	842.3	11.28
560	156.16	0.001098	0.3368	911.1	2.969	2300	219.55	0.001189	0.08679	840.9	11.52
580	157.52	0.001099	0.3258	909.8	3.069	2350	220.67	0.001191	0.08498	839.5	11.77
600	158.84	0.001101	0.3156	908.5	3.169	2400	221.77	0.001193	0.08324	838.1	12.01
620	160.12	0.001102	0.3060	907.3	3.268	2450	222.85	0.001195	0.08156	836.7	12.26
640	161.37	0.001104	0.2970	906.0	3.367	2500	223.93	0.001197	0.07993	835.3	12.51
660	162.59	0.001105	0.2885	904.8	3.467	2550	224.99	0.001199	0.07837	833.9	12.76
680	163.79	0.001107	0.2804	903.7	3.566	2600	228.03	0.001201	0.07688	835.2	13.01
700	164.96	0.001108	0.2728	902.4	3.666	2650	227.05	0.001203	0.07545	831.2	13.23

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比容 /(m³/kg) 水 v'	比容 /(m³/kg) 汽 v''	密度 /(kg/m³) 水 ρ'	密度 /(kg/m³) 汽 ρ''	压力 p /kPa	温度 t /℃	比容 /(m³/kg) 水 v'	比容 /(m³/kg) 汽 v''	密度 /(kg/m³) 水 ρ'	密度 /(kg/m³) 汽 ρ''
2700	228.06	0.001205	0.07406	829.9	13.50	7200	287.71	0.001357	0.02652	736.7	37.71
2750	239.06	0.001207	0.07271	828.6	13.75	7300	288.65	0.001361	0.02611	734.9	38.30
2800	230.04	0.001209	0.07141	827.3	14.00	7400	289.58	0.001364	0.02571	733.1	38.89
2850	231.01	0.001211	0.07016	826.0	14.25	7500	290.50	0.001367	0.02532	713.4	39.49
2900	231.96	0.001213	0.06895	824.7	14.50	7600	291.41	0.001371	0.02494	729.6	40.09
2950	232.90	0.001215	0.06778	823.4	14.75	7700	292.32	0.001374	0.02457	727.8	40.70
3000	233.83	0.001216	0.06665	822.2	15.00	7800	293.22	0.001377	0.02421	126.1	41.30
3100	235.66	0.001220	0.06450	819.6	15.50	7900	294.10	0.001381	0.02386	724.4	41.91
3200	237.44	0.001224	0.06246	817.1	16.01	8000	294.98	0.001384	0.02352	722.6	42.52
3300	239.18	0.001227	0.06055	814.7	16.52	8100	295.85	0.001387	0.02318	720.9	43.14
3400	240.88	0.001231	0.05875	812.3	17.02	8200	296.71	0.001391	0.02285	719.2	43.76
3500	242.54	0.001235	0.05704	810.0	17.53	8300	297.56	0.001394	0.02253	717.5	44.38
3600	244.16	0.001238	0.05543	807.8	18.04	8400	298.40	0.001397	0.02222	715.7	45.00
3700	245.75	0.001242	0.05391	805.5	18.55	8500	299.24	0.001401	0.02192	714.0	45.62
3800	247.31	0.001245	0.05246	803.2	19.06	8600	300.07	0.001404	0.02162	712.3	46.25
3900	248.84	0.001249	0.05108	801.0	19.58	8700	300.89	0.001407	0.02132	710.6	46.90
4000	250.33	0.001252	0.04977	798.7	20.09	8800	301.71	0.001411	0.02103	708.9	47.55
4100	251.80	0.001255	0.04852	796.6	20.61	8900	302.52	0.001414	0.02075	707.2	48.19
4200	253.24	0.001259	0.04732	794.4	21.13	9000	303.32	0.001417	0.02048	703.5	48.83
4300	251.66	0.001262	0.01617	792.3	21.66	9100	304.11	0.001421	0.02021	703.8	49.48
4400	256.05	0.001266	0.04508	790.1	22.18	9200	304.90	0.001424	0.01995	702.1	50.13
4500	257.41	0.001269	0.04404	788.0	22.71	9300	305.67	0.001428	0.01969	700.5	50.79
4600	258.75	0.001272	0.04305	785.9	23.23	9400	306.45	0.001431	0.01944	698.8	51.45
4700	260.07	0.001276	0.04210	783.9	23.76	9500	307.22	0.001435	0.01919	697.1	52.11
4800	261.37	0.001279	0.04118	781.9	24.29	9600	307.98	0.001380	0.01895	695.4	52.77
4900	262.65	0.001282	0.04029	779.8	24.82	9700	308.74	0.001442	0.01871	693.7	53.44
5000	263.91	0.001286	0.03944	777.8	25.35	9800	309.49	0.001445	0.01848	692.0	54.11
5100	265.15	0.001289	0.03863	7758	25.89	9900	310.23	0.001449	0.01825	690.3	54.79
5200	266.38	0.001292	0.03784	773.8	26.43	10000	310.96	0.001452	0.01803	688.7	55.46
5300	267.58	0.001296	0.03708	771.9	26.97	10200	312.42	0.001459	0.01759	685.3	56.85
5400	268.77	0.001299	0.03635	769.9	27.51	10400	313.86	0.001466	0.01716	681.9	58.27
5500	269.94	0.001302	0.03564	768.0	28.06	10600	315.28	0.001474	0.01675	678.6	59.70
5600	271.10	0.001305	0.03495	766.0	28.61	10800	316.67	0.001481	0.01636	675.3	61.13
5700	272.24	0.001309	0.03429	764.1	29.16	11000	318.04	0.001489	0.01598	671.6	62.58
5800	273.36	0.001312	0.03365	762.2	29.72	11200	819.39	0.001496	0.01561	668.4	64.05
5900	27.47	0.001315	0.03303	760.3	30.28	11400	320.73	0.001503	0.01526	665.3	65.54
6000	275.56	0.001319	0.03243	758.4	30.84	11600	322.05	0.001511	0.01491	661.8	67.06
6100	276.64	0.001322	0.03185	756.6	31.40	11800	323.35	0.001519	0.01458	658.3	68.59
6200	277.71	0.001325	0.03130	754.7	31.95	12000	324.63	0.001527	0.01426	654.9	70.13
6300	278.76	0.001328	0.03076	752.9	32.51	12200	325.90	0.001535	0.01395	651.5	71.70
6400	279.80	0.001331	0.03024	751.1	33.07	12400	327.15	0.001543	0.01364	648.1	73.30
6500	280.83	0.001335	0.02973	749.2	33.64	12600	328.39	0.001551	0.01334	644.7	74.94
6600	281.85	0.001338	0.02923	747.4	34.21	12800	329.61	0.001559	0.01305	641.4	76.61
6700	282.86	0.001341	0.02874	745.6	34.79	13000	330.81	0.001567	0.01277	638.2	78.30
6800	283.85	0.001345	0.02827	743.8	35.37	13200	332.00	0.001576	0.01250	634.5	80.00
6900	284.83	0.001348	0.02782	741.9	35.95	13400	333.18	0.001585	0.01224	630.9	81.72
7000	285.80	0.001351	0.02737	740.2	36.54	13600	334.34	0.001594	0.01198	627.4	83.47
7100	286.76	0.001354	0.02694	738.4	37.12	13800	335.49	0.001602	0.01173	624.2	85.25

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比容 /(m³/kg)		密度 /(kg/m³)		压力 p /kPa	温度 t /℃	比容 /(m³/kg)		密度 /(kg/m³)	
		水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''			水 v'	汽 v''	水 ρ'	汽 ρ''
14000	336.63	0.001611	0.01149	620.7	87.03	18200	357.87	0.001853	0.00734	539.7	136.3
14200	337.75	0.001620	0.01125	617.3	88.89	18400	358.78	0.001870	0.00717	534.8	139.5
14400	338.86	0.001629	0.01101	613.9	90.83	18600	359.67	0.001887	0.00700	529.9	142.8
14600	339.96	0.001638	0.01078	610.5	92.76	18800	360.56	0.001904	0.00684	525.2	146.2
14800	341.04	0.001648	0.01056	606.8	94.69	19000	361.44	0.001921	0.00668	520.6	149.7
15000	342.11	0.001658	0.01035	603.1	92.62	19200	362.31	0.001940	0.00652	515.5	153.4
15200	343.18	0.001668	0.01014	599.5	98.62	19400	363.17	0.001961	0.00636	509.9	157.3
15400	344.23	0.001678	0.00928	595.9	100.7	19600	364.02	0.001985	0.00619	503.8	161.6
15600	345.27	0.001688	0.00972	592.4	103.9	19800	364.87	0.00201	0.00602	497.5	166.1
15800	346.30	0.001699	0.00952	588.6	105.1	20000	365.71	0.00204	0.00585	490.2	170.9
16000	347.32	0.001710	0.00932	584.8	107.3	20200	366.54	0.00207	0.00568	483.1	176.0
16200	348.33	0.001721	0.00912	581.1	109.6	20400	367.87	0.00210	0.00551	476.2	181.4
16400	349.32	0.001732	0.00893	577.4	111.9	20600	368.18	0.00213	0.00534	469.5	187.2
16600	350.31	0.001744	0.00875	573.4	114.3	20800	368.09	0.00217	0.00516	460.8	193.6
16800	351.29	0.001756	0.00856	569.5	116.8	21000	369.79	0.00221	0.00498	452.5	200.7
17000	352.26	0.001768	0.00838	565.6	119.3	21200	370.58	0.00226	0.00480	442.5	208.5
17200	353.21	0.001781	0.00820	561.5	121.9	21400	371.40	0.00232	0.00460	431.0	217.4
17400	354.17	0.001794	0.00803	557.4	124.6	21600	372.20	0.00239	0.00436	438.4	229.3
17600	355.11	0.001808	0.00785	553.1	127.4	21800	372.90	0.00249	0.00402	401.6	248.7
17800	356.04	0.001822	0.00767	548.8	130.3	22000	373.70	0.00273	0.00367	466.3	272.5
18000	356.96	0.001837	0.00750	544.4	133.2	22129	374.15	0.00326	0.00326	306.75	306.75

表 1.2.3　饱和水蒸气的密度和比容（温度为变量）

温度 t /℃	绝对压强 p /kPa	水蒸气密度 ρ /(kg/m³)	比容 v /(m³/kg)	温度 t /℃	绝对压强 p /kPa	水蒸气密度 ρ /(kg/m³)	比容 v /(m³/kg)
0	0.6082	0.00484	206.6116	105	120.85	0.7036	1.421262
5	0.8730	0.00680	147.0588	110	143.31	0.8254	1.211534
10	1.2262	0.00940	106.3830	115	169.11	0.9635	1.037883
15	1.7068	0.01283	77.94232	120	198.64	1.1199	0.892937
20	2.3346	0.01719	58.17336	125	232.19	1.296	0.771605
25	3.1684	0.02304	43.40278	130	270.25	1.494	0.669344
30	4.2474	0.03036	32.93808	135	313.11	1.715	0.58309
35	5.6207	0.03960	25.25253	140	361.47	1.962	0.509684
40	7.3766	0.05114	19.55417	145	415.72	2.238	0.446828
45	9.5837	0.06543	15.28351	150	476.24	2.543	0.393236
50	12.340	0.0830	12.04819	160	618.28	3.252	0.307503
55	15.743	0.1043	9.587728	170	792.59	4.113	0.243132
60	19.923	0.1301	7.686395	180	1003.5	5.145	0.194363
65	25.014	0.1611	6.207325	190	1255.6	6.378	0.156789
70	31.164	0.1979	5.053057	200	1554.77	7.840	0.127551
75	38.551	0.2416	4.139073	210	1917.72	9.567	0.104526
80	47.379	0.2929	3.414135	220	2320.88	11.60	0.086207
85	57.875	0.3531	2.832059	230	2798.59	13.98	0.071531
90	70.136	0.4229	2.364625	240	3347.91	16.76	0.059666
95	84.556	0.5039	1.984521	250	3977.67	20.01	0.049975
100	101.33	0.5970	1.675042	260	4693.75	23.82	0.041982

续表

温度 t /℃	绝对压强 p /kPa	水蒸气密度 ρ /(kg/m³)	比容 v /(m³/kg)	温度 t /℃	绝对压强 p /kPa	水蒸气密度 ρ /(kg/m³)	比容 v /(m³/kg)
270	5503.99	28.27	0.035373	330	12879.6	78.53	0.012734
280	6417.24	33.47	0.029878	340	14615.8	93.98	0.010641
290	7443.29	39.60	0.025253	350	16538.5	113.2	0.008834
300	8592.94	46.93	0.021308	360	18667.1	139.6	0.007163
310	9877.96	55.59	0.017989	370	21040.9	171.0	0.005848
320	11300.3	65.95	0.015163	374	22070.9	322.6	0.0031

表 1.2.4 饱和水蒸气的密度和比容（压强为变量）

绝对压强 p /kPa	温度 t /℃	密度 ρ /(kg/m³)	比容 v /(m³/kg)	绝对压强 p /kPa	温度 t /℃	密度 ρ /(kg/m³)	比容 v /(m³/kg)
1.0	6.3	0.00773	129.3661	400	143.4	2.1618	0.462577
1.5	12.5	0.01133	88.26125	450	147.7	2.4152	0.414044
2.0	17.0	0.01486	67.29475	500	151.7	2.6673	0.374911
2.5	20.9	0.01836	54.46623	600	158.7	3.1686	0.315597
3.0	23.5	0.02179	45.89261	700	164.0	3.6657	0.272799
3.5	26.1	0.02523	39.63535	800	170.4	4.1614	0.240304
4.0	28.7	0.02867	34.87967	900	175.1	4.6525	0.214938
4.5	30.8	0.03205	31.20125	1000	179.9	5.1432	0.194431
5.0	32.4	0.03537	28.27255	1100	180.2	5.6333	0.177516
6.0	35.6	0.04200	23.80952	1200	187.8	6.1241	0.163289
7.0	38.8	0.04864	20.55921	1300	191.5	6.6141	0.151192
8.0	41.3	0.05514	18.13565	1400	194.8	7.1034	0.140778
9.0	43.3	0.06156	16.24431	1500	198.2	7.5935	0.131692
10.0	45.3	0.06798	14.71021	1600	201.3	8.0814	0.123741
15.0	53.5	0.09956	10.04419	1700	204.1	8.5674	0.116722
20.0	60.1	0.13068	7.652280	1800	206.9	9.0533	0.110457
30.0	66.5	0.19093	5.237522	1900	209.8	9.5392	0.104831
40.0	75.0	0.24975	4.004004	2000	212.2	10.0338	0.099663
50.0	81.2	0.30799	3.246859	3000	233.7	15.0075	0.066633
60.0	85.6	0.36514	2.738676	4000	250.3	20.0969	0.049759
70.0	89.9	0.42229	2.368041	5000	263.8	25.3663	0.039422
80.0	93.2	0.47807	2.091744	6000	275.4	30.8494	0.032416
90.0	96.4	0.53384	1.873220	7000	285.7	36.5744	0.027342
100	99.6	0.58961	1.696036	8000	294.8	42.5768	0.023487
120	104.5	0.69868	1.431270	9000	303.2	48.8945	0.020452
140	109.2	0.80758	1.238267	10000	310.9	55.5407	0.018005
160	113.0	0.82981	1.205095	12000	324.5	70.3075	0.014223
180	116.6	1.0209	0.979528	14000	336.5	87.3020	0.011454
200	120.2	1.1273	0.887075	16000	347.2	107.8010	0.009276
250	127.2	1.3904	0.719217	18000	356.9	134.4813	0.007436
300	133.3	1.6501	0.606024	20000	365.6	176.5961	0.005663
350	138.8	1.9074	0.524274				

表 1.2.5 饱和水和水蒸气的饱和温度和比容

项目	压强/MPa							
	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
饱和温度/℃	6.982	32.90	45.83	60.09	75.89	85.95	93.51	99.63
水的比容/(dm³/kg)	1.0001	1.0052	1.0102	1.0172	1.0265	1.0333	1.0387	1.0434
水蒸气比容/(m³/kg)	129.21	28.196	14.676	7.6515	3.9949	2.7329	2.0879	1.6946

续表

项　　目	压强/MPa							
	0.5	1	2	3	4	5	6	7
饱和温度/℃	151.85	179.88	212.37	233.84	250.33	263.92	275.56	285.80
水的比容/(dm^3/kg)	1.0928	1.1274	1.1766	1.2163	1.2521	1.2858	1.3187	1.3514
水蒸气比容/(m^3/kg)	0.8748	0.19430	0.09953	0.06662	0.04974	0.03941	0.03241	0.02734

项　　目	压强/MPa						
	8	10	12	14	16	18	20
饱和温度/℃	294.98	310.96	324.64	336.63	347.32	356.96	365.71
水的比容/(dm^3/kg)	1.3843	1.4526	1.5267	1.6104	1.7101	1.8380	2.038
水蒸气比容/(m^3/kg)	0.02349	0.01800	0.01425	0.01149	0.009330	0.007534	0.005873

表 1.2.6　未饱和水与过热水蒸气的比容

水：dm^3/kg　水蒸气：m^3/kg

温度	压　　强/MPa								
/℃	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5
0	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0002	1.0000
20	135.23	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0017	1.0015
40	144.47	28.86	1.0078	1.0078	1.0078	1.0078	1.0078	1.0078	1.0076
60	153.71	30.71	15.34	1.0171	1.0171	1.0171	1.0171	1.0171	1.0169
80	162.95	32.57	16.27	8.119	4.044	1.0292	1.0292	1.0292	1.0290
100	172.19	34.42	17.20	8.586	4.280	2.845	2.127	1.696	1.0435
120	181.42	36.27	18.12	9.052	4.515	3.003	2.247	1.793	1.0605
140	190.66	38.12	19.05	9.516	4.749	3.160	2.366	1.889	1.0800
160	199.89	39.97	19.98	9.980	4.983	3.317	2.484	1.984	0.3836
180	209.12	41.81	20.90	10.41	5.216	3.473	2.601	2.078	0.4046
200	218.35	43.66	21.82	10.91	5.448	3.628	2.718	2.172	0.4249
220	227.58	45.51	22.75	11.37	5.680	3.783	2.835	2.266	0.4449
240	236.82	47.36	23.67	11.83	5.912	3.938	2.952	2.359	0.4646
260	246.05	49.20	24.60	12.30	6.144	4.093	3.068	2.453	0.4841
280	255.28	51.05	25.52	12.76	6.375	4.248	3.184	2.546	0.5034
300	264.51	52.90	26.44	13.22	6.606	4.402	3.300	2.639	0.5226
320	273.74	54.74	27.37	13.68	6.838	4.557	3.416	2.732	0.5416
340	282.97	56.59	28.29	14.14	7.069	4.711	3.532	2.824	0.5606
360	292.20	58.44	29.22	14.60	7.300	4.865	3.648	2.917	0.5796
380	301.43	60.28	30.14	15.07	7.531	5.020	3.764	3.010	0.5984
400	310.66	62.13	31.06	15.53	7.763	5.174	3.879	3.103	0.6172
420	319.89	63.98	31.99	15.99	7.994	5.328	3.995	3.195	0.6360
440	329.12	65.82	32.91	16.45	8.225	5.482	4.111	3.288	0.6548
460	338.35	67.67	33.83	16.91	8.456	5.636	4.226	3.380	0.6735
480	347.58	69.51	34.76	17.38	8.687	5.790	4.342	3.473	0.6922
500	356.81	71.36	35.68	17.84	8.918	5.944	4.457	3.565	0.7109
520	366.04	73.21	36.60	18.30	9.149	6.098	4.573	3.658	0.7295
540	375.27	75.05	37.52	18.76	9.380	6.252	4.689	3.750	0.7482
560	384.50	76.90	38.45	19.22	9.610	6.406	4.804	3.843	0.7668
580	393.73	78.74	39.37	19.68	9.841	6.560	4.920	3.935	0.7854
600	402.96	80.59	40.29	20.15	10.07	6.714	5.035	4.028	0.8040
620	412.20	82.44	41.22	20.61	10.30	6.868	5.151	4.120	0.8226
640	421.43	84.28	42.14	21.07	10.53	7.022	5.266	4.213	0.8412
660	430.66	86.13	43.06	21.53	10.76	7.176	5.382	4.305	0.8597
680	439.89	87.98	43.99	21.99	00	7.330	5.497	4.397	0.8783
700	449.12	89.82	44.91	22.45	11.23	7.484	5.613	4.444	0.8969

续表

温度/℃	压强/MPa 1	2	3	4	5	6	7	8	10
0	0.9997	0.9992	0.9987	0.9982	0.9977	0.9972	0.9967	0.9962	0.9953
20	1.0013	1.0008	1.0004	0.9999	0.9995	0.9990	0.9986	0.9981	0.9972
40	1.0074	1.0069	1.0065	1.0060	1.0056	1.0051	1.0047	1.0043	1.0034
60	1.0167	1.0162	1.0158	1.0153	1.0149	1.0144	1.0140	1.0135	1.0126
80	1.0287	1.0282	1.0278	1.0273	1.0268	1.0263	1.0259	1.0254	1.0244
100	1.0432	1.0427	1.0422	1.0417	1.0412	1.0406	1.0401	1.0396	1.0386
120	1.0602	1.0596	1.0590	1.0584	1.0579	1.0573	1.0567	1.0562	1.0551
140	1.0796	1.0790	1.0783	1.0777	1.0771	1.0764	1.0758	1.0752	1.0739
160	1.1019	1.1012	1.1005	1.0997	1.0990	1.0983	1.0976	1.0968	1.0954
180	0.1944	1.1266	1.1258	1.1249	1.1241	1.1232	1.1224	1.1216	1.1199
200	0.2059	1.1560	1.1550	1.1540	1.1530	1.1519	1.1510	1.1500	1.1480
220	0.2169	0.1021	1.1891	1.1878	1.1866	1.1853	1.1841	1.1829	1.1805
240	0.2275	0.1084	0.06818	1.2280	1.2264	1.2249	1.2233	1.2218	1.2188
260	0.2378	0.1144	0.07286	0.05174	1.2750	1.2729	1.2708	1.2687	1.2648
280	0.2480	0.1200	0.07714	0.05547	0.04224	0.03317	1.3307	1.3277	1.3221
300	0.2580	0.1255	0.08116	0.05885	0.04532	0.03616	0.02946	0.02425	1.3978
320	0.2678	0.1308	0.08500	0.06200	0.04811	0.03876	0.03199	0.02682	0.01924
340	0.2776	0.1360	0.08871	0.06499	0.05070	0.04111	0.03421	0.02897	0.02147
360	0.2873	0.1411	0.09232	0.06787	0.53160	0.04331	0.03623	0.03089	0.02330
380	0.2970	0.1462	0.09586	0.07066	0.05551	0.04538	0.03812	0.03265	0.02492
400	0.3066	0.1512	0.09933	0.07339	0.05780	0.04738	0.03992	0.03431	0.02641
420	0.3161	0.1561	0.1028	0.07606	0.06002	0.04931	0.04165	0.03589	0.02779
440	0.3256	0.1610	0.1061	0.07869	0.06220	0.05119	0.04332	0.03741	0.02910
460	0.3351	0.1659	0.1095	0.08128	0.06434	0.05303	0.04495	0.03888	0.03036
480	0.3446	0.1708	0.1128	0.08384	0.06644	0.05484	0.04654	0.04031	0.03158
500	0.3540	0.1756	0.1161	0.08638	0.06853	0.05662	0.04810	0.04172	0.03277
520	0.3635	0.1804	0.1194	0.08890	0.07058	0.05837	0.04964	0.04309	0.03392
540	0.3729	0.1852	0.1227	0.09140	0.07262	0.06010	0.05116	0.04445	0.03505
560	0.3823	0.1900	0.1259	0.09387	0.07464	0.06182	0.05266	0.04578	0.03616
580	0.3916	0.1948	0.1292	0.09634	0.07665	0.06352	0.05414	0.04710	0.03726
600	0.4010	0.1995	0.1324	0.09879	0.07864	0.06521	0.05561	0.04841	0.03833
620	0.4104	0.2043	0.1356	0.1012	0.08002	0.06688	0.05707	0.04970	0.03940
640	0.4197	0.2090	0.1388	0.1037	0.08259	0.06855	0.05851	0.05099	0.04045
660	0.4291	0.2138	0.1420	0.1061	0.08456	0.07020	0.05995	0.05226	0.04149
680	0.4384	0.2185	0.1452	0.1085	0.08651	0.07185	0.06138	0.05352	0.04253
700	0.4478	0.2232	0.1483	0.1109	0.08846	0.07349	0.06280	0.05478	0.04356

温度/℃	压强/MPa 12	14	16	18	20	25	30	35	40
0	0.9943	0.9933	0.9924	0.9914	0.9904	0.9881	0.9857	0.9834	0.9811
20	0.9964	0.9955	0.9946	0.9937	0.9929	0.9907	0.9886	0.9865	0.9845
40	1.0026	1.0017	1.0008	1.0000	0.9992	0.9971	0.9950	0.9930	0.9910
60	1.0118	1.0109	1.0100	1.0092	1.0083	1.0062	1.0041	1.0021	1.0000
80	1.0235	1.0226	1.0217	1.0208	1.0199	1.0177	1.0155	1.0133	1.0112
100	1.0376	1.0366	1.0356	1.0346	1.0337	1.0313	1.0289	1.0266	1.0244
120	1.0540	1.0529	1.0518	1.0507	1.0496	1.0470	1.0445	1.0420	1.0395
140	1.0727	1.0715	1.0703	1.0691	1.0679	1.0650	1.0621	1.0594	1.0566
160	1.0940	1.0926	1.0912	1.0899	1.0886	1.0853	1.0821	1.0790	1.0760
180	1.1183	1.1167	1.1151	1.1136	1.1120	1.1082	1.1046	1.1011	1.0976
200	1.1461	1.1442	1.1423	1.1405	1.1387	1.1343	1.1300	1.1260	1.1220

续表

温度/℃	压强/MPa								
	12	14	16	18	20	25	30	35	40
220	1.1782	1.1759	1.1736	1.1714	1.1693	1.1640	1.1590	1.1542	1.1495
240	1.2158	1.2129	1.2101	1.2074	1.2047	1.1983	1.1922	1.1863	1.1808
260	1.2609	1.2572	1.2535	1.2500	1.2466	1.2384	1.2307	1.2235	1.2166
280	1.3167	1.3115	1.3065	1.3017	1.2971	1.2863	1.2762	1.2670	1.2583
300	1.3895	1.3816	1.3742	1.3672	1.3606	1.3453	1.3315	1.3190	1.3076
320	1.4941	1.4801	1.4674	1.4558	1.4450	1.4214	1.4010	1.3833	1.3675
340	16.20	12.01	1.6175	1.5920	1.5703	1.5271	1.4937	1.4662	1.4430
360	18.10	14.22	11.07	8.135	1.8230	1.698	1.629	1.581	1.543
380	19.69	15.85	12.87	10.424	8.273	2.218	1.872	1.755	1.683
400	21.08	17.22	14.27	11.91	9.952	6.009	2.806	2.107	1.911
420	22.35	18.44	15.46	13.11	11.19	7.579	4.919	3.085	2.363
440	23.54	19.54	16.52	14.15	12.23	8.693	6.221	4.412	3.211
460	24.67	20.58	17.50	15.09	13.15	9.607	7.185	5.427	4.149
480	25.75	21.57	18.42	15.97	13.90	10.41	7.982	6.236	4.943
500	26.79	22.51	19.29	16.78	14.77	11.13	8.679	6.922	5.615
520	27.80	23.42	20.13	17.56	15.51	11.80	9.309	7.529	6.202
540	28.78	24.30	20.93	18.31	16.21	12.42	9.889	8.080	6.730
560	29.74	25.15	21.71	19.03	16.88	13.01	10.43	8.589	7.213
580	30.68	25.99	22.47	19.73	17.53	13.58	10.95	9.066	7.662
600	31.61	26.81	23.21	20.41	18.16	14.13	11.44	9.518	8.085
620	32.52	27.32	23.93	21.07	18.78	14.65	11.91	9.949	8.486
640	33.43	28.41	24.65	21.72	19.38	15.17	12.36	10.36	8.868
660	34.32	29.19	25.35	22.36	19.97	15.67	12.80	10.76	9.236
680	35.20	29.96	26.04	22.99	20.54	16.15	13.23	11.15	9.590
700	36.07	30.73	26.72	23.61	21.11	16.63	13.65	11.52	9.933

注：横线上方为未饱和水的比容，下方为过热水蒸气的比容。

表 1.2.7　与水相接触的饱和空气中水蒸气的比容①

温度/℃	比容/(m^3/kg)	温度/℃	比容/(m^3/kg)	温度/℃	比容/(m^3/kg)	温度/℃	比容/(m^3/kg)	温度/℃	比容/(m^3/kg)	温度/℃	比容/(m^3/kg)
−50	0.6312	−26	0.7000	−2	0.7717	22	0.8582	46	1.004	70	1.404
−49	0.6341	−25	0.7029	−1	0.7749	23	0.8626	47	1.013	71	1.436
−48	0.6369	−24	0.7058	0	0.7781	24	0.8671	48	1.022	72	1.471
−47	0.6398	−23	0.7087	1	0.7813	25	0.8716	49	1.032	73	1.508
−46	0.6426	−22	0.7116	2	0.7845	26	0.8763	50	1.042	74	1.549
−45	0.6455	−21	0.7145	3	0.7878	27	0.8810	51	1.053	75	1.592
−44	0.6483	−20	0.7174	4	0.7911	28	0.8859	52	1.064	76	1.640
−43	0.6512	−19	0.7203	5	0.7944	29	0.8910	53	1.076	77	1.692
−42	0.6541	−18	0.7233	6	0.7978	30	0.8961	54	1.088	78	1.748
−41	0.6569	−17	0.7264	7	0.8012	31	0.9014	55	1.101	79	1.811
−40	0.6598	−16	0.7292	8	0.8046	32	0.9068	56	1.114	80	1.879
−39	0.6626	−15	0.7321	9	0.8081	33	0.9124	57	1.128	81	1.955
−38	0.6655	−14	0.7351	10	0.8110	34	0.9182	58	1.143	82	2.040
−37	0.6684	−13	0.7381	11	0.8152	35	0.9241	59	1.158	83	2.135
−36	0.6712	−12	0.7411	12	0.8188	36	0.9302	60	1.175	84	2.241
−35	0.6741	−11	0.7441	13	0.8225	37	0.9365	61	1.192	85	2.363
−34	0.6769	−10	0.7471	14	0.8262	38	0.9430	62	1.211	86	2.502
−33	0.6798	−9	0.7501	15	0.8299	39	0.9497	63	1.230	87	2.663
−32	0.6827	−8	0.7531	16	0.8336	40	0.9567	64	1.250	88	2.850
−31	0.6856	−7	0.7562	17	0.8377	41	0.9639	65	1.272	89	3.073
−30	0.6884	−6	0.7592	18	0.8417	42	0.9713	66	1.295	90	3.341
−29	0.6913	−5	0.7623	19	0.8457	43	0.9790	67	1.320		
−28	0.6942	−4	0.7654	20	0.8498	44	0.9871	68	1.346		
−27	0.6970	−3	0.7686	21	0.8540	45	0.9964	69	1.374		

① 为 1kg 纯净空气的值。

表 1.2.8　与冰相接触的饱和空气中水蒸气的比容

温度/℃	−50	−49	−48	−47	−46	−45	−44	−43	−42	−41	−40
v/(m^3/kg)	0.6312	0.6341	0.6369	0.6398	0.6429	0.6455	0.6483	0.6512	0.6540	0.6569	0.6597

温度/℃	−39	−38	−37	−36	−35	−34	−33	−32	−31	−30
v/(m^3/kg)	0.6626	0.6654	0.6683	0.6712	0.6740	0.6769	0.6797	0.6826	0.6855	0.6884
温度/℃	−29	−28	−27	−26	−25	−24	−23	−22	−21	−20
v/(m^3/kg)	0.6912	0.6941	0.6970	0.6999	0.7028	0.7055	0.7085	0.7114	0.7144	0.7173
温度/℃	−19	−18	−17	−16	−15	−14	−13	−12	−11	−10
v/(m^3/kg)	0.7202	0.7232	0.7261	0.7290	0.7320	0.7349	0.7379	0.7407	0.7439	0.7469
温度/℃	−9	−8	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1	0
v/(m^3/kg)	0.7499	0.7530	0.7560	0.7590	0.7622	0.7653	0.7685	0.7716	0.7749	0.7781

表 1.2.9　饱和重水的密度和比容

温度/℃	密度/(kg/L)	比容/(L/kg)	温度/℃	密度/(kg/L)	比容/(L/kg)	温度/℃	密度/(kg/L)	比容/(L/kg)
3.8	1.1053	0.9047	150	1.0168	0.9835	305	0.7728	1.294
5	1.1056	0.9045	160	1.0058	0.9942	310	0.7610	1.314
10	1.1060	0.9042	170	0.9945	1.0055	315	0.7474	1.338
20	1.1053	0.9047	180	0.9828	1.0175	320	0.7331	1.364
30	1.1034	0.9063	190	0.9706	1.0303	325	0.7184	1.392
40	1.1000	0.9091	200	0.9579	1.0439	330	0.7022	1.424
50	1.0957	0.9127	210	0.9448	1.0584	335	0.6854	1.459
60	1.0905	0.9170	220	0.9303	1.0749	340	0.6676	1.498
70	1.0846	0.9220	230	0.9166	1.0910	345	0.6481	1.543
80	1.0783	0.9274	240	0.9004	1.1106	350	0.6266	1.596
90	1.0711	0.9336	250	0.8826	1.1330	355	0.6024	1.660
100	1.0635	0.9403	260	0.8628	1.1590	360	0.5714	1.750
110	1.0553	0.9476	270	0.8432	1.1860	365	0.5291	1.890
120	1.0465	0.9556	280	0.8237	1.2140	370	0.4505	2.220
130	1.0365	0.9648	290	0.8039	1.2440	371	0.3984	2.510
140	1.0271	0.9736	300	0.7837	1.2760			

表 1.2.10　饱和重水蒸气的密度和比容

温度/℃	密度/(kg/m^3)	比容/(m^3/kg)	温度/℃	密度/(kg/m^3)	比容/(m^3/kg)	温度/℃	密度/(kg/L)	比容/(L/kg)
3.8	0.0058	172.2	150	2.7655	0.3616	300	0.0525	19.06
5	0.0062	160.4	160	3.5524	0.2815	305	0.0571	17.51
10	0.0088	114.1	170	4.5086	0.2218	310	0.0622	16.07
20	0.0165	60.45	180	5.6657	0.1765	315	0.0678	14.74
30	0.0297	33.71	190	7.0323	0.1422	320	0.0740	13.51
40	0.0509	19.66	200	8.6730	0.1153	325	0.0810	12.35
50	0.0835	11.98	210	10.616	0.0942	330	0.0887	11.28
60	0.1330	7.517	220	12.903	0.0775	335	0.0973	10.28
70	0.2045	4.890	温度/℃	密度/(kg/L)	比容/(L/kg)	340	0.1071	9.336
80	0.3055	3.273	230	0.0156	64.11	345	0.1189	8.413
90	0.4446	2.249	240	0.0187	53.40	350	0.1327	7.537
100	0.6321	1.582	250	0.0240	41.70	355	0.1494	6.692
110	0.8787	1.138	260	0.0266	37.56	360	0.1704	5.869
120	1.1338	0.8820	270	0.0316	31.62	365	0.2012	4.97
130	1.5356	0.6512	280	0.0375	26.67	370	0.2611	3.83
140	2.1254	0.4705	290	0.044	22.53	371	0.2915	3.43

表 1.2.11　重水和过热重水蒸气的比容　　单位：m^3/kg

温度/℃	压强/MPa 常压	5	10	20	30	40
3.8	0.0009047	0.0009025	0.0009003	0.0008959	0.0008917	0.0008885
10	0.0009041	0.0009024	0.0009002	0.0008960	0.0008921	0.0008879
20	0.0009050	0.0009030	0.0009010	0.0008969	0.0008931	0.0008892
30	0.0009063	0.0009045	0.0009025	0.0008989	0.0008951	0.0008914
40	0.0009090	0.0009072	0.0009052	0.0009016	0.0008979	0.0008942
50	0.0009127	0.0009108	0.0009088	0.0009051	0.0009013	0.0008976
60	0.0009170	0.0009151	0.0009131	0.0009037	0.0009059	0.0009008
70	0.0009219	0.0009200	0.0009179	0.0009139	0.0009100	0.0009060
80	0.0009274	0.0009254	0.0009233	0.0009196	0.0009150	0.0009110
90	0.0009335	0.0009314	0.0009292	0.0009249	0.0009207	0.0009165
100	0.0009403	0.0009381	0.0009358	0.0009313	0.0009268	0.0009225
110	1.601	0.0009454	0.0009430	0.0009383	0.0009337	0.0009290
120	1.646	0.0009533	0.0009508	0.0009458	0.0009409	0.0009361
130	1.690	0.0009618	0.0009592	0.0009540	0.0009493	0.0009436
140	1.734	0.0009709	0.0009682	0.0009627	0.0009573	0.0009519
150	1.777	0.0009808	0.0009779	0.0009721	0.0009663	0.0009606
160	1.820	0.0009914	0.0009883	0.0009820	0.0009758	0.0009697
170	1.863	0.0010026	0.0009993	0.0009925	0.0009860	0.0009795
180	1.907	0.0010146	0.0010110	0.0010037	0.0009967	0.0009896
190	1.950	0.0010273	0.0010233	0.0010156	0.0010085	0.0010002
200	1.993	0.0010408	0.0010364	0.0010281	0.0010197	0.0010116
210	2.036	0.0010551	0.0010503	0.0010410	0.0010322	0.0010347
220	2.089	0.0010704	0.0010650	0.0010548	0.0010449	0.0010353
230	2.122	0.0010874	0.0010811	0.0010697	0.0010588	0.0010481
240	2.165	0.0011069	0.0010990	0.0010861	0.0010740	0.0010622
250	2.208	0.0011298	0.0011197	0.0011045	0.0010912	0.0010779
260	2.251	0.0011567	0.0011436	0.0011254	0.0011101	0.0010959
270	2.293	0.03697	0.0011710	0.001149	0.001131	0.001115
280	2.335	0.03850	0.0012000	0.001174	0.001154	0.001136
290	2.378	0.03988	0.0012320	0.001201	0.001179	0.001158
300	2.421	0.04124	0.0012660	0.001231	0.001205	0.001182
310	2.463	0.04250	0.01564	0.001265	0.001233	0.001207
320	2.506	0.04374	0.01686	0.001306	0.001267	0.001236
330	2.548	0.04494	0.01789	0.001362	0.001307	0.001269
340	2.591	0.04609	0.01882	0.001432	0.001355	0.001307
350	2.634	0.04722	0.01966	0.001528	0.001413	0.001351
360	2.676	0.04832	0.02045	0.001704	0.001483	0.001407
370	2.718	0.04917	0.02159	0.00659	0.001583	0.001458
3/80	2.761	0.05023	0.02231	0.00767	0.001738	0.001534
390	2.803	0.05126	0.02300	0.00845	0.002064	0.001615
400	2.846	0.05229	0.02365	0.00911	0.002853	0.001690
410	2.883	0.05332	0.02431	0.00969	0.003852	0.001812
420	2.931	0.05434	0.02493	0.01023	0.004603	0.002063
430	2.973	0.05534	0.02552	0.01073	0.005219	0.002445
440	3.016	0.05631	0.02609	0.01119	0.005725	0.002880
450	3.058	0.05730	0.02665	0.01162	0.006165	0.003320
460	3.100	0.05825	0.02721	0.01202	0.006567	0.003752
470	3.143	0.05918	0.02775	0.01241	0.006936	0.004111
480	3.186	0.06011	0.02829	0.01278	0.007285	0.004451

续表

温度/℃	压强/MPa					
	常压	5	10	20	30	40
490	3.228	0.06104	0.02882	0.01314	0.007594	0.004555
500	3.270	0.06197	0.02935	0.01350	0.007904	0.005038
510	3.313	0.06290	0.02985	0.01383	0.008182	0.005297
520	3.355	0.06382	0.03035	0.01416	0.008451	0.005545
530	3.398	0.06475	0.03085	0.01446	0.008720	0.005783
540	3.440	0.06567	0.03135	0.01476	0.008968	0.006011
550	3.482	0.06658	0.03185	0.01507	0.009217	0.006229

注：横线上方为未饱和重水的密度，下方为过热重水蒸气密度。

1.3 黏　　度

表 1.3.1　水的黏度（常压，$t \leqslant 100$℃）

温度/℃	黏度/mPa·s	温度/℃	黏度/mPa·s	温度/℃	黏度/mPa·s	温度/℃	黏度/mPa·s	温度/℃	黏度/mPa·s	温度/℃	黏度/mPa·s
−10	2.632	9	1.3462	28	0.8360	47	0.5782	66	0.4293	85	0.3355
−9	2.520	10	1.3077	29	0.8180	48	0.5683	67	0.4233	86	0.3315
−8	2.418	11	1.2713	30	0.8007	49	0.5588	68	0.4174	87	0.3276
−7	2.322	12	1.2363	31	0.7840	50	0.5494	69	0.4117	88	0.3239
−6	2.232	13	1.2028	32	0.7679	51	0.5404	70	0.4061	89	0.3202
−5	2.148	14	1.1709	33	0.7523	52	0.5315	71	0.4006	90	0.3165
−4	2.069	15	1.1404	34	0.7371	53	0.5229	72	0.3952	91	0.3130
−3	1.994	16	1.1111	35	0.7225	54	0.5146	73	0.3900	92	0.3095
−2	1.922	17	1.0828	36	0.7085	55	0.5064	74	0.3849	93	0.3060
−1	1.858	18	1.0559	37	0.6947	56	0.4985	75	0.3799	94	0.3027
0	1.7921	19	1.0299	38	0.6814	57	0.4907	76	0.3750	95	0.2994
1	1.7313	20	1.0050	39	0.6685	58	0.4832	77	0.3702	96	0.2962
2	1.6728	21	0.9810	40	0.6560	59	0.4759	78	0.3655	97	0.2930
3	1.6191	22	0.9579	41	0.6439	60	0.4688	79	0.3610	98	0.2899
4	1.5674	23	0.9359	42	0.6321	61	0.4618	80	0.3565	99	0.2868
5	1.5188	24	0.9142	43	0.6207	62	0.4550	81	0.3521	100	0.2838
6	1.4728	25	0.8937	44	0.6097	63	0.4483	82	0.3478		
7	1.4284	26	0.8737	45	0.5988	64	0.4418	83	0.3436		
8	1.3860	27	0.8545	46	0.5883	65	0.4355	84	0.3395		

表 1.3.2　水的黏度（常压，$t > 100$℃）

黏度	温度/℃									
	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
动力黏度/μPa·s	252	230	211	195	181	169	159	149	141	134
运动黏度/(μm²/s)	0.265	0.244	0.220	0.211	0.197	0.186	0.177	0.168	0.161	0.155

黏度	温度/℃								
	210	220	230	240	250	260	270	280	290
动力黏度/μPa·s	127	122	116	111	107	103	99.4	96.1	93.0
运动黏度/(μm²/s)	0.149	0.145	0.140	0.136	0.134	0.131	0.129	0.128	0.127

黏度	温度/℃								
	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2
动力黏度/μPa·s	90.1	86.5	83.0	79.4	75.4	70.9	65.3	56.0	45.0
运动黏度/(μm²/s)	0.127	0.125	0.124	0.124	0.124	0.123	0.124	0.125	0.143

表 1.3.3　水的黏度（中、高压）　　单位：μPa・s

温度/℃	压强/MPa 10	20	30	40	温度/℃	压强/MPa 10	20	30	40
0	1775	1754	1724	1706	190	146.1	148.2	151.2	153.0
10	1295	1294	1284	1274	200	138.3	140.3	143.4	146.3
20	1000	1000	1000	1000	210	132.4	134.5	137.5	139.3
30	802.2	803.2	805.2	806.1	220	126.5	128.6	131.6	133.4
40	655.1	657.2	660.2	662.0	230	121.6	123.7	126.7	128.5
50	551.2	554.2	557.2	559.1	240	116.7	118.8	121.8	123.6
60	471.7	474.8	478.8	481.6	250	111.8	114.9	117.8	119.7
70	408.0	411.0	414.0	417.0	260	107.9	109.9	112.9	114.8
80	357.0	360.0	363.0	366.0	270	104.0	106.0	109.0	110.9
90	316.8	319.8	322.8	325.8	280	100.0	102.1	105.1	106.9
100	284.5	287.5	290.5	293.5	290	96.1	98.2	101.2	103.0
110	260.9	263.9	266.9	269.9	300	91.3	94.2	96.7	99.3
120	239.3	242.3	245.3	248.3	310		90.9	93.4	95.4
130	219.7	222.7	225.7	228.7	320		87.5	90.0	92.1
140	203.0	205.1	208.1	209.9	330		83.9	86.7	88.6
150	188.3	190.4	193.4	195.2	340		79.9	83.2	85.4
160	175.6	177.6	180.6	182.5	350		75.1	79.6	82.1
170	164.8	166.8	169.8	171.7	360		69.3	75.4	78.7
180	155.0	157.0	160.0	161.9					

表 1.3.4　重水在常压时的动力黏度

温度/℃	30	40	50	60	70	80	90	100
η/μPa・s	9.51	7.68	6.35	5.39	4.70	4.14	3.63	3.14

表 1.3.5　过冷水与过热水蒸气的动力黏度　　单位：μPa・s

压强/MPa	温度/℃ 0	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
0.1	1750	1000	544	12.11	14.15	16.18	18.22	20.25	22.3	24.3	26.4	28.4	32.5	36.5
1.0	1750	1000	544	279	181	15.85	18.05	20.22	22.3	24.4	26.5	28.5	32.6	36.6
5.0	1750	1000	545	280	182	135	107	20.06	22.7	25.0	26.9	28.9	32.9	36.9
10	1750	1000	545	281	183	136	109	90.5	23.6	25.8	27.6	29.5	33.4	37.4
15	1740	1000	546	282	184	137	110	91.7	25.4	26.9	28.5	30.3	34.0	37.9
20	1740	999	546	283	185	138	111	93.0	73.0	28.6	29.6	31.1	34.6	38.4
25	1740	999	547	284	187	139	112	94.3	75.9	32.1	31.0	32.1	35.3	38.9
30	1740	998	547	285	188	141	113	95.5	78.5	45.7	32.0	32.7	35.7	39.2
35	1730	997	548	286	189	142	115	96.8	80.2	57.3	36.3	34.9	36.9	40.1
40	1730	997	548	287	190	143	116	98.1	82.1	62.8	41.2	36.9	37.9	40.8
45	1730	996	549	288	191	144	117	99.3	83.6	66.5	46.9	39.3	38.9	41.5
50	1720	996	549	289	192	145	118	101.0	84.8	69.3	52.1	42.2	40.1	42.3

表 1.3.6　过冷水与热水蒸气的运动黏度　　单位：$\times 10^{-7}\,m^2/s$

压强/MPa	温度/℃ 0	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
0.1	17.5	10.0	5.51	205	274	352	438	534	640	754	880	1010	1310	1610
1	17.5	10.0	5.50	2.91	1.97	32.6	42.0	52.2	63.0	74.8	87.5	101.0	131.0	164.0
5	17.5	10.0	5.50	2.92	1.98	1.56	1.34	9.09	11.8	14.5	17.0	20.2	25.9	32.7
10	17.4	9.98	5.49	2.92	1.98	1.56	1.35	1.26	5.29	6.81	8.21	9.67	12.8	16.3
15	17.3	9.95	5.49	2.92	1.99	1.57	1.36	1.26	2.92	4.21	5.26	6.30	8.46	10.8

续表

压强/MPa	温度/℃													
	0	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
20	17.2	9.92	5.48	2.93	1.99	1.57	1.36	1.27	1.22	2.85	3.76	4.59	6.29	8.11
25	17.2	9.90	5.48	2.93	2.01	1.58	1.36	1.27	1.21	1.93	2.84	3.57	4.99	6.47
30	17.2	9.87	5.47	2.93	2.02	1.59	1.37	1.27	1.22	1.28	2.15	2.84	4.08	5.35
35	17.0	9.84	5.47	2.94	2.02	1.60	1.38	1.28	1.22	1.21	1.80	2.42	3.51	4.62
40	17.0	9.81	5.45	2.94	2.03	1.60	1.39	1.28	1.22	1.20	1.52	2.07	3.06	4.06
45	16.9	9.78	5.45	2.94	2.03	1.61	1.39	1.29	1.22	1.20	1.37	1.82	2.71	3.61
50	16.8	9.77	5.44	2.95	2.04	1.62	1.40	1.30	1.22	1.20	1.30	1.64	2.45	3.27

表 1.3.7　过热水蒸气的运动黏度　　单位：$\times 10^{-6}\ m^2/s$

温度/℃	压强/MPa											
	常压	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40
100	20.90											
150	27.77											
200	35.53											
250	44.21	2.076	0.957									
300	53.80	2.602	1.240	0.766	0.533							
350	64.28	3.151	1.532	0.983	0.708	0.533	0.283					
400	75.60	3.749	1.844	1.200	0.880	0.685	0.420	0.281	0.202			
450	87.80	4.379	2.173	1.428	1.058	0.832	0.534	0.333	0.281	0.244		
500	100.8	5.054	2.522	1.668	1.243	0.985	0.643	0.472	0.369	0.301	0.254	0.217
550	114.6	5.769	2.892	1.918	1.437	1.144	0.757	0.564	0.448	0.372	0.312	0.269
600	129.2	6.531	3.282	2.185	1.643	1.313	0.877	0.660	0.530	0.444	0.370	0.318
650	144.6	7.321	3.689	2.462	1.855	1.486	0.999	0.757	0.611	0.516	0.426	0.367
700	160.7	8.151	4.115	2.751	2.077	1.667	1.127	0.858	0.697	0.591	0.485	0.417

表 1.3.8　饱和水蒸气的黏度

黏度	温度/℃									
	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
动力黏度/μPa·s	8.02	8.42	8.82	9.22	9.62	10.02	10.42	10.82	11.22	11.62
运动黏度 /($\times 10^{-6}$ m^2/s)	1650	896	510	304	188	121	80.0	54.6	38.3	27.5

黏度	温度/℃									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
动力黏度/μPa·s	12.02	12.42	12.80	13.17	13.54	13.90	14.25	14.61	14.96	15.30
运动黏度/($\times 10^{-6}$ m^2/s)	20.1	15.0	11.4	8.80	6.89	5.46	4.37	3.54	2.90	2.39

黏度	温度/℃									
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
动力黏度/μPa·s	15.65	15.99	16.34	16.70	17.07	17.45	17.85	18.28	18.75	19.27
运动黏度/($\times 10^{-6}$ m^2/s)	1.99	1.67	1.40	1.19	1.02	0.873	0.752	0.650	0.565	0.492

黏度	温度/℃								
	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2
动力黏度/μPa·s	19.84	20.7	21.7	23.1	24.7	26.6	29.2	34.0	45.0
运动黏度/($\times 10^{-6}$ m^2/s)	0.429	0.379	0.335	0.299	0.266	0.235	0.203	0.169	0.143

注：临界黏度为 49.5 mPa·s。

表 1.3.9　干饱和水蒸气的黏度

黏度	温度/℃									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
动力黏度/μPa·s	11.96	12.45	12.85	13.24	13.53	13.93	14.32	14.71	15.10	15.59
运动黏度/($\times 10^{-6}$ m^2/s)	20.02	15.07	11.46	8.85	6.89	5.47	4.39	3.57	2.93	2.44

续表

黏　　度	温　　度/℃								
	200	210	220	230	240	250	260	270	280
动力黏度/μPa·s	15.98	16.38	16.87	17.36	17.75	18.24	18.83	19.37	19.91
运动黏度/(×10^{-6} m^2/s)	2.03	1.71	1.45	1.24	1.06	0.913	0.794	0.688	0.600
黏　　度	温　　度/℃								
	290	300	310	320	330	340	350	360	370
动力黏度/μPa·s	20.59	21.28	21.97	22.85	23.93	25.20	26.58	29.13	33.73
运动黏度/(×$10^{-6}$$m^2$/s)	0.526	0.461	0.403	0.353	0.310	0.272	0.234	0.202	0.166

1.4　表 面 张 力

表 1.4.1　水的表面张力（空气中）

温度/℃	σ/(mN/m)	温度/℃	σ/(mN/m)	温度/℃	σ/(mN/m)	温度/℃	σ/(mN/m)	温度/℃	σ/(mN/m)	温度/℃	σ/(mN/m)
−10	77.10	50	67.77	150	48.68	250	26.13	350	3.64	368	0.66
−5	76.40	60	66.07	160	46.51	260	23.73	355	2.71	369	0.54
0	75.50	70	64.36	170	44.38	270	21.33	360	1.85	370	0.42
5	74.90	80	62.69	180	42.19	280	18.94	361	1.68	371	0.31
10	74.40	90	60.79	190	40.00	290	16.60	362	1.53	372	0.20
15	73.49	100	58.91	200	37.77	300	14.29	363	1.37	373	0.10
20	72.88	110	56.97	210	35.51	310	12.04	364	1.22	374.2	0.00
25	71.97	120	54.96	220	33.21	320	9.84	365	1.07		
30	71.20	130	52.90	230	30.88	330	7.69	366	0.93		
40	69.80	140	50.79	240	28.52	340	5.61	367	0.79		

表 1.4.2　水和一些液体的界面张力（20℃）

液　　体	σ/(mN/m)	液　　体	σ/(mN/m)	液　　体	σ/(mN/m)	液　　体	σ/(mN/m)
二硫化碳	48.36	丁腈	10.38	乙苯(19.5℃)	31.35	α-氯萘	40.74
四氯化碳	45.0	二丙胺	1.66	对二甲苯	37.77	丁酸异戊酯	23.0
汞	375	苯胺	5.77	邻二甲苯	36.06	油酸乙酯	21.34
二氯甲烷	28.31	异丁基氯	24.43	1,3,5-三甲苯	38.7	碳酸二乙酯	12.86
1,2-二溴乙烷	36.54	叔丁基氯	23.75	甲苯(25℃)	36.1	乙硫醇	26.12
己烷	51.1	异戊基氯	15.44	对甲异丙苯	34.61	异丁醇(18℃)	2.1
三氯甲烷	32.8	油酸	15.6	硝基苯	25.66	异戊醇(18℃)	5.0
异戊烷	49.64	异戊酸	2.73	硝基甲苯	27.19	辛醇	8.5
庚烷、辛烷	50.8	庚酸	7.0	氯苯	37.41	苯甲醇(22.5℃)	4.75
硝基甲烷	9.66	乙丙酮	13.58	碘苯	41.84	乙醚	10.7
溴乙烷	31.20	苯甲醛	15.51	溴苯	39.82	苯乙醚	29.4
苯乙烯(19℃)	35.48	苯	35.0	邻溴甲苯	41.15	苯甲醚	25.82

1.5　沸　　点

表 1.5.1　水在不同压强下的沸点

（1）　　单位：℃

压　强/kPa	压　强　尾　数					压　强/kPa	压强尾数				
	0	0.2	0.4	0.6	0.8		0	0.2	0.4	0.6	0.8
90	96.7	96.8	96.8	96.9	97.0	98	99.1	99.1	99.2	99.2	99.3
91	97.0	97.1	97.1	97.2	97.3	99	99.4	99.4	99.5	99.5	99.6
92	97.3	97.4	97.4	97.5	97.6	100	99.6	99.7	99.7	99.8	99.9
93	97.6	97.7	97.7	97.8	97.9	101	99.9	100.0	100.0	100.1	100.1
94	97.9	97.9	98.0	98.1	98.1	102	100.2	100.2	100.3	100.4	100.4
95	98.2	98.3	98.3	98.4	98.4	103	100.5	100.5	100.6	100.6	100.7
96	98.5	98.6	98.6	98.7	98.7	104	100.7	100.8	100.8	100.9	100.9
97	98.8	98.8	98.9	99.0	99.0	105	101.0	101.1	101.1	101.2	101.2

例：压强为 94.4kPa 时，水的沸点为 98.0℃。

（2）

p/MPa	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
t_b/℃	81.4	100.6	120.2	133.6	143.6	151.8	158.9	165.0	170.4	175.3	179.9	184.1
p /MPa	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6
t_b/℃	188.0	191.6	195.0	198.3	201.4	204.3	207.1	209.8	212.4	217.2	221.8	226.0
p /MPa	2.8	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	
t_b/℃	230.5	236.9	251.8	266.2	277.3	288.3	297.4	305.0	308.7	312.9	316.9	

1.6 膨 胀 系 数

表 1.6.1 饱和水和饱和水蒸气的体胀系数 单位：$\times 10^{-3}K^{-1}$

项 目	温度/℃									
	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
饱和水	−0.0855	0.0821	0.2066	0.3056	0.3890	0.4624	0.5288	0.5900	0.6473	0.7019
饱和水蒸气	3.669	3.544	3.431	3.327	3.233	3.150	3.076	3.012	2.958	2.915
项 目	温度/℃									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
饱和水	0.7547	0.8068	0.8590	0.9121	0.9667	1.024	1.084	1.148	1.216	1.291
饱和水蒸气	2.882	2.861	2.851	2.853	2.868	2.897	2.941	3.001	3.078	3.174
项 目	温度/℃									
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
饱和水	1.372	1.462	1.563	1.676	1.806	1.955	2.130	2.338	2.589	2.900
饱和水蒸气	3.291	3.432	3.599	3.798	4.030	4.321	4.665	5.086	5.608	6.267
项 目	温度/℃									
	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2	
饱和水	3.293	3.808	4.510	5.531	7.167	10.39	19.28	98.18	∞	
饱和水蒸气	7.117	8.242	9.785	12.02	15.50	21.73	38.99	170.9	∞	

表 1.6.2 冰的线胀系数 单位：$\times 10^{-6}$ ℃$^{-1}$

温度/℃	0	−10	−20	−30	−40	−50	−60	−70	−80	−90	−100	−110	−120
α	52.7	51.7	50.5	49.0	47.4	45.6	43.7	41.5	39.2	36.7	33.9	30.0	27.3
温度/℃	−130	−140	−150	−160	−170	−180	−190	−200	−210	−220	230	−240	−250
α	23.9	20.4	16.8	13.0	9.5	6.3	3.3	0.8	−1.3	−3.3	−4.5	−5.5	−6.1

1.7 介电常数和电导率

表 1.7.1 水的介电常数

温度/℃	0	5	10	15	20	25	30	35
ε	87.82	85.83	83.89	82.00	80.14	78.33	76.57	74.84
温度/℃	40	45	50	50	55	60	65	70
ε	73.15	71.50	69.89	69.89	68.32	66.78	65.28	63.82
温度/℃	75	80	85	90	95	100	200	水蒸气
ε	62.38	60.99	59.60	58.26	56.94	55.65	34.5	1.01

表 1.7.2　水与有机溶剂混合物的介电常数（20℃）

含水量(质量分数)/%	甲醇	乙醇	异丙醇	乙二醇	丙酮	二噁烷
10	75.8	74.6	73.1	77.5	74.8	65.7
20	71.0	68.7	65.7	74.6	68.6	62.4
30	66.0	62.6	58.4	71.6	62.5	59.2
40	61.2	56.5	51.1	68.4	56.0	56.3
50	56.5	50.4	43.7	64.9	49.5	53.4
60	46.5	44.7	36.3	61.1	42.9	50.8
70	41.5	39.1	29.6	56.3	36.5	48.2
80	36.8	33.9	24.4	50.6	30.3	45.8
90	32.4	29.0	20.9	44.9	24.6	—

表 1.7.3　纯水的电导率　　单位：μS/m

温度/℃	v	温度/℃	v
0	1.50	30	8.15
10	2.85	35	10.02
15	3.84	40	12.04
20	4.85	45	14.71
25	6.33	50	18.90

1.8　蒸　气　压

表 1.8.1　饱和水和饱和重水的蒸气压（温度为参数）　　单位：Pa

温度/℃	−19	−18	−17	−16	−15	−14	−13	−12	−11	−10
水	113.33	124.66	136.93	150.40	165.06	180.93	198.13	216.93	237.33	259.46

温度/℃	−9	−8	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1	0
水	283.32	309.46	337.59	368.12	401.05	436.79	475.45	516.78	562.11	610.51

类　别	温　度/℃									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
水	657.31	705.31	758.64	813.31	871.79	934.64	1001.3	1073.3	1148.0	1228.0
重水				698.17	743.54	793.80	850.41	914.11	985.22	1063.6

类　别	温　度/℃									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
水	1312.0	1402.6	1497.3	1598.6	1705.3	1817.3	1937.3	2063.9	2197.3	2338.6
重水	1154.6	1252.7	1356.1	1462.9	1571.0	1678.6	1784.1	1886.2	1984.2	2077.7

类　别	温　度/℃									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
水	2486.6	2646.6	2809.2	2983.9	3167.9	3361.2	3565.2	3779.9	4005.2	4242.5
重水	2153.6	2226.4	2298.8	2374.3	2456.8	2550.5	2659.8	2789.0	2942.5	3124.1

表 1.8.2　饱和水和饱和重水的蒸气压（温度为参数）　　单位：Pa

类　别	温　度/℃									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
水	4493.2	4754.5	5030.5	5319.8	5623.8	5941.1	6275.8	6619.8	6991.8	7375.8
重水	3381.8	3670.6	3988.8	4334.2	4704.2	5095.8	5505.9	5931.2	6368.7	6815.5

类　别	温　度/℃									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
水	7778.4	8199.7	8639.7	9101.0	9583.7	10086	10613	11161	11736	12334
重水	7236.8	7665.6	8103.0	8550.4	9009.8	9483.2	9972.9	10482	11012	11566

续表

类别	温度/℃									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
水	12960	13613	14293	15000	15733	16505	17306	18140	19013	19919
重水	12162	12786	13438	14122	14836	15583	16363	17176	18024	18908

类别	温度/℃									
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
水	20853	21839	22853	23906	24999	26146	27332	28559	29826	31159
重水	19823	20776	21767	22798	23870	24985	26143	27346	28596	29894

类别	温度/℃									
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
水	32519	33946	35425	36959	38545	40185	41879	43639	45465	47345
重水	31241	32640	34092	35597	37158	38777	40454	42193	43994	45859

类别	温度/℃									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
水	49292	51318	53412	55571	57811	60118	62225	64945	67478	70104
重水	47790	49789	51857	53997	56211	58499	60865	63311	65838	68448

类别	温度/℃									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
水	72811	75597	78477	81451	84518	87677	90944	94304	97757	101330
重水	71144	73928	76802	79768	82829	85987	89245	92604	96068	99639

类别	温度/℃								
	110	120	130	140	150	160	170	180	190
水	143.26	198.54	270.12	301.36	475.97	618.04	792.02	1000.3	1255.2
重水	141.80	197.65	270.32	363.36	480.67	626.54	805.94	1023.7	1285.5

类别	温度/℃								
	200	210	220	230	240	250	260	270	280
水	1555.1	1908.0	2320.1	2797.9	3348.0	3977.6	4694.0	5505.1	6419.1
重水	1597.1	1965.4	2395.7	2895.4	3471.2	4131.0	4883.7	5735.6	6696.9

类别	温度/℃								
	290	300	305	310	315	320	325	330	335
水	7444.8	8591.7	9213.7	9869.7	10561	11290	12057	12865	13714
重水	7776.8	8983.3	9639.7	10331	11060	11831	12641	13495	14396

类别	温度/℃								
	340	345	350	355	360	365	370	371	374.2
水	14608	15548	16537	17577	18674	19833	21053		22120
重水	15343	16341	17389	18487	19642	20878	22176	22437	

表 1.8.3 饱和水和饱和水蒸气的蒸气压（压强为参数）

压强/kPa	温度/℃	压强/kPa	温度/℃	压强/kPa	温度/℃	压强/kPa	温度/℃	压强/kPa	温度/℃
0.1	−19.8	25	64.97	375	141.32	1300	191.64	11000	318.15
0.2	−13.1	30	69.10	400	143.63	1400	195.07	12000	324.75
0.4	−5.3	40	75.87	450	147.93	1500	198.32	13000	330.93
0.6113	0.01	50	81.33	500	151.86	1750	205.76	14000	336.75
0.7	1.80	75	91.78	550	155.48	2000	212.42	15000	342.24
1.0	6.98	100	99.63	600	158.85	2250	218.45	16000	347.44
1.5	13.03	125	105.99	650	162.01	2500	223.99	17000	352.37
2.0	17.50	150	111.37	700	164.97	3000	233.90	18000	357.06
2.5	21.08	175	116.06	750	167.78	3500	242.60	19000	361.54
3.0	24.08	200	120.23	800	170.43	4000	250.40	20000	365.81
4.0	28.96	225	124.00	850	172.96	5000	263.99	21000	369.89
5.0	32.88	250	127.44	900	175.38	6000	275.64	22000	373.80
7.5	40.29	275	130.60	950	177.69	7000	285.88	22090	374.14
10	45.81	300	133.55	1000	179.91	8000	295.06		
15	53.97	325	136.30	1100	184.09	9000	303.40		
20	60.06	350	138.88	1200	187.99	10000	311.06		

表 1.8.4　重水的蒸气压（压强为参数）

蒸气压/kPa	1	2	4	7	10	20
相应于该压强的温度/℃	7	19	30	40	48	63

表 1.8.5　冰的饱和蒸气压

温度/℃	−100	−95	−90	−85	−80	−75	−70	−65	−60	−55	−50
p/mPa	1.2	3.6	9.3	22.7	53.3	120	259	537	1077	2093	3946

温度/℃	−45	−40	−35	−30	−25	−20	−15	−10	−5	0
p/mPa	7.212	12.87	22.41	38.12	63.46	103.5	152.1	260.0	401.7	610.5

注：表中数值为冰与水蒸气相接触时的压力。冰与空气相接触时的蒸气压力，需要再加上修正值 $\Delta=0.20p/(t+273)$。

1.9　普朗特数

表 1.9.1　水的普朗特数（中高压）

温　度/℃	压　强/MPa 10	20	30	40	温　度/℃	压　强/MPa 10	20	30	40
0	13.1	12.8	12.4	12.0	180	1.00	0.99	0.90	1.01
10	9.21	9.04	8.84	8.64	190	0.96	0.95	0.95	0.95
20	6.89	6.81	6.71	6.60	200	0.93	0.92	0.92	0.92
30	5.40	5.31	5.27	5.19	210	0.91	0.90	0.90	0.89
40	4.31	4.26	4.22	4.20	220	0.89	0.88	0.88	0.88
50	3.55	3.54	3.50	3.48	230	0.88	0.87	0.87	0.86
60	2.99	2.98	2.96	2.95	240	0.88	0.87	0.86	0.85
70	2.55	2.54	2.52	2.51	250	0.88	0.86	0.86	0.86
80	2.20	2.19	2.18	2.18	260	0.88	0.86	0.85	0.84
90	1.94	1.95	1.92	1.92	270	0.90	0.87	0.85	0.84
100	1.73	1.73	1.72	1.69	280	0.92	0.88	0.86	0.83
110	1.59	1.58	1.58	1.58	290	0.94	0.89	0.86	0.84
120	1.45	1.45	1.45	1.44	300	0.97	0.91	0.86	0.84
130	1.35	1.34	1.34	1.34	310		0.95	0.89	0.85
140	1.25	1.24	1.24	1.24	320		0.99	0.92	0.86
150	1.17	1.16	1.16	1.16	330		1.08	0.95	0.89
160	1.10	1.09	1.09	1.09	341		1.18	1.00	0.91
170	1.04	1.04	1.04	1.04					

表 1.9.2　过冷水与过热蒸气的普朗特数

压　强/MPa	温　度/℃ 0	20	50	100	150	200	250
0.1	13.0	6.94	3.54	0.984	0.970	0.959	0.950
1.0	13.0	6.93	3.55	1.73	1.14	1.11	1.03
5.0	12.8	6.86	3.51	1.72	1.13	0.902	0.842
10.0	12.6	6.79	3.48	1.71	1.13	0.899	0.831
15.0	12.4	6.72	3.46	1.71	1.13	0.896	0.820
20.0	12.3	6.65	3.43	1.70	1.13	0.895	0.812
25.0	12.1	6.59	3.41	1.69	1.13	0.891	0.805
30.0	11.9	6.52	3.38	1.69	1.12	0.888	0.799
35.0	11.8	6.47	3.36	1.68	1.12	0.886	0.795
40.0	11.6	6.40	3.34	1.68	1.12	0.885	0.791
45.0	11.5	6.35	3.32	1.67	1.12	0.884	0.788
50.0	11.4	6.30	3.31	1.67	1.12	0.883	0.786

续表

压　强 /MPa	温　　度/℃						
	300	350	400	450	500	600	700
0.1	0.939	0.930	0.921	0.915	0.908	0.900	0.892
1.0	0.981	0.954	0.983	0.925	0.916	0.903	0.893
5.0	1.26	1.12	1.03	0.976	0.947	0.915	0.895
10.0	0.940	1.40	1.18	1.06	0.993	0.929	0.897
15.0	0.899	2.19	1.37	1.15	1.05	0.945	0.899
20.0	0.866	1.31	1.75	1.26	1.10	0.958	0.902
25.0	0.840	1.12	2.81	1.40	1.15	0.976	0.902
30.0	0.819	1.02	4.27	1.56	1.22	1.00	0.904
35.0	0.803	0.950	1.99	1.83	1.30	1.01	0.905
40.0	0.790	0.903	1.45	2.08	1.39	1.03	0.908
45.0	0.779	0.867	1.22	1.90	1.46	1.05	0.909
50.0	0.771	0.832	1.10	1.64	1.50	1.07	0.910

注：横线上面对应气体；横线下面对应液体。

表 1.9.3　干饱和水蒸气的普朗特数

温度/℃	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
Pr	1.08	1.09	1.09	1.11	1.12	1.16	1.18	1.21	1.25	1.33	1.36	1.41	1.47	1.54
温度/℃	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370
Pr	1.61	1.68	1.75	1.82	1.90	2.01	2.13	2.29	2.50	2.86	3.35	4.03	5.23	11.10

表 1.9.4　饱和水和饱和水蒸气的普朗特数（常压）

类　别	温　　度/℃									
	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
饱和水	13.0	9.29	6.94	5.39	4.30	3.54	2.96	2.53	2.20	1.94
饱和水蒸气	0.815	0.831	0.847	0.863	0.883	0.896	0.913	0.930	0.947	0.966
类　别	温　　度/℃									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
饱和水	1.73	1.56	1.42	1.31	1.21	1.14	1.07	1.02	0.970	0.935
饱和水蒸气	0.984	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11	1.13	1.15	1.18
类　别	温　　度/℃									
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
饱和水	0.904	0.881	0.864	0.853	0.846	0.842	1.848	0.860	0.883	0.916
饱和水蒸气	1.21	1.24	1.26	1.29	1.33	1.36	1.40	1.44	1.49	1.54

类　别	温　　度/℃								
	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2
饱和水	0.958	1.00	1.07	1.19	1.35	1.64	2.38	6.95	∞
饱和水蒸气	1.61	1.71	1.94	2.24	2.82	3.83	5.34	15.7	∞

1.10　比　热　容

表 1.10.1　水的比热容　　　　单位：kJ/(kg·K)

温　度 /℃	压　　强/MPa					
	常压	1	10	20	30	40
0	4.216	4.210	4.166	4.256	3.836	5.404
10	4.191	4.188	4.158	4.251	3.833	5.398
20	4.183	4.179	4.154	4.251	3.833	5.396
30	4.178	4.176	4.154	4.251	3.837	5.404

续表

温　度/℃	压　　强/MPa					
	常压	1	10	20	30	40
40	4.178	4.176	4.154	4.255	3.846	5.416
50	4.178	4.177	4.158	4.259	3.854	5.426
60	4.183	4.181	4.162	4.264	3.857	5.431
70	4.187	4.184	4.166	4.272	3.862	5.435
80	4.195	4.194	4.175	4.277	3.869	5.448
90	4.204	4.202	4.183	4.285	3.873	5.454
100	4.212	4.210	4.191	4.294	3.885	5.466
110	4.237	4.234	4.208	4.307	3.892	5.484
120	4.245	4.243	4.221	4.324	3.908	5.500
130	4.258	4.258	4.242	4.342	3.924	5.520
140	4.275	4.275	4.262	4.363	3.939	5.542
150	4.287	4.288	4.283	4.385	3.955	5.564
160	4.304	4.308	4.309	4.406	3.979	5.594
170	4.317	4.323	4.338	4.432	3.998	5.622
180	4.333	4.343	4.371	4.463	4.021	5.653
190	4.354	4.368	4.409	4.493	4.044	5.689
200	4.371	4.390	4.451	4.532	4.076	5.729
210	4.438	4.454	4.501	4.576	4.106	5.777
220	4.509	4.524	4.556	4.624	4.144	5.831
230	4.543	4.563	4.619	4.680	4.187	5.887
240	4.580	4.609	4.698	4.745	4.233	5.959
250	4.618	4.659	4.786	4.815	4.290	6.036
260	4.660	4.715	4.899	4.907	4.348	6.124
270	4.689	4.765	5.033	5.015	4.425	6.227
280	4.744	4.843	5.197	5.142	4.513	6.348
290	4.790	4.923	5.402	5.295	4.616	6.492
300	4.836	5.026	5.708	5.502	4.735	6.675
310				5.587	5.257	5.037
320				5.874	5.465	5.186
330				6.333	5.721	5.351
340				7.062	6.054	5.544
350				8.325	6.521	5.787
360				12.35	7.246	6.039

表 1.10.2　水蒸气的定压比热容

(1) 实际气体

项　　目	温　　度/℃						
	0	100	200	300	400	500	600
质量比热容/[kJ/(kg・K)]	1.8584	1.8718	1.8924	1.9177	1.9460	1.9760	2.0074
摩尔比热容/[J/(mol・K)]	33.41	33.91	34.84	35.88	37.05	38.23	39.48
体积比热容/[kJ/(m^3・K)]	1.482	1.499	1.516	1.537	1.558	1.583	1.608

项　　目	温　　度/℃						
	700	800	900	1000	1100	1200	1300
质量比热容/[kJ/(kg・K)]	2.0400	2.0733	2.1070	2.1408	2.1744	2.2075	2.2399
摩尔比热容/[J/(mol・K)]	40.70	41.91	43.08	44.21	45.23	46.22	47.12
体积比热容/[kJ/(m^3・K)]	1.633	1.658	1.683	1.712	1.738	1.763	1.788

续表

项　　目	温　　度/℃						
	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
质量比热容/[kJ/(kg·K)]	2.2716	2.3024	2.3322	2.3610	2.3889	2.4157	2.4416
摩尔比热容/[J/(mol·K)]	47.98	48.22	49.41	50.04	50.62	51.16	51.67
体积比热容/[kJ/(m³·K)]	1.809	1.834	1.855	1.876	1.897	1.918	1.934

项　　目	温　　度/℃					
	2100	2200	2300	2400	2600	3000
质量比热容/[kJ/(kg·K)]	2.4666	2.4906	2.5138	2.5362	2.5785	2.6549
摩尔比热容/[J/(mol·K)]	52.08	52.46	52.82	53.13	53.72	54.64
体积比热容/[kJ/(m³·K)]	1.951	1.968	1.985	2.001	2.018	2.081

（2）常压水蒸气的平均定容比热容（0～t℃）

温　　度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
比热容 c_{vm}/[kJ/(m³·K)]	1.124	1.134	1.151	1.171	1.194	1.219	1.244	1.270	1.297	1.325
温　　度/℃	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
比热容 c_{vm}/[kJ/(m³·K)]	1.352	1.379	1.406	1.432	1.457	1.482	1.505	1.529	1.55	1.571
温　　度/℃	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900
比热容 c_{vm}/[kJ/(m³·K)]	1.592	1.611	1.63	1.648	1.666	1.682	1.698	1.714	1.729	1.743

（3）理想水蒸气

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600
c_p/[kJ/(kg·K)]	1.9018	1.8552	1.8481	1.8708	1.9147	1.9725	2.0381

温度/℃	700	800	900	1000	1100	1200
c_p/[kJ/(kg·K)]	2.1068	2.1750	2.2404	2.3019	2.3597	2.4153

表 1.10.3　过热水蒸气的比热容　　　　单位：kJ/(kg·K)

温度	压　　强/MPa											
/℃	常压	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40
100	2.047											
150	1.993											
200	1.980											
250	1.993											
300	2.014	2.321	2.832	3.671	5.364							
350	2.043	2.250	2.504	2.852	3.332	4.030						
400	2.072	2.213	2.382	2.579	2.813	3.095	4.066	5.997	10.67			
450	2.102	2.209	2.325	2.452	2.596	2.756	3.243	3.930	4.959	6.409		
500	2.135	2.214	2.300	2.391	2.486	2.593	2.893	3.257	3.708	4.216	4.936	5.679
550	2.173	2.231	2.293	2.363	2.433	2.503	2.708	2.947	3.214	3.513	3.842	4.198
600	2.202	2.252	2.301	2.351	2.405	2.458	2.606	2.771	2.948	3.137	3.343	3.561
650	2.236	2.277	2.322	2.368	2.409	2.458	2.587	2.726	2.882	3.054	3.132	3.273
700	2.269	2.311	2.352	2.389	2.426	2.467	2.579	2.702	2.837	2.990	2.991	3.096

表 1.10.4　饱和水的定压比热容

温　度/℃	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
c_p/[kJ/(kg·K)]	4.217	4.193	4.182	4.179	4.179	4.181	4.185	4.190	4.197	4.205
温　度/℃	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
c_p/[kJ/(kg·K)]	4.216	4.229	4.245	4.263	4.285	4.310	4.339	4.371	4.408	4.449
温　度/℃	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
c_p/[kJ/(kg·K)]	4.497	4.551	4.614	4.686	4.770	4.869	4.986	5.126	5.296	5.507

温　度/℃	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2
c_p/[kJ/(kg·K)]	5.773	6.120	6.586	7.248	8.270	10.08	14.99	53.92	∞

表 1.10.5　饱和水蒸气和干饱和水蒸气的定压比热容　　单位：kJ/(kg·K)

类　别	温　度/℃									
饱和水蒸气	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	1.864	1.868	1.874	1.883	1.894	1.907	1.924	1.944	1.969	1.999

类　别	温　度/℃									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
饱和水蒸气	2.034	2.075	2.124	2.180	2.245	2.320	2.406	2.504	2.615	2.741
干饱和水蒸气	2.135	2.177	2.206	2.257	2.315	2.395	2.479	2.583	2.717	2.855

类　别	温　度/℃									
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
饱和水蒸气	2.883	3.043	3.222	3.426	3.656	3.918	4.221	4.574	4.996	5.507
干饱和水蒸气	3.023	3.199	3.408	3.634	3.890	4.157	4.467	4.815	5.234	5.694

类　别	温　度/℃								
	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2
饱和水蒸气	6.144	6.962	8.053	9.589	11.92	15.95	26.79	112.9	∞
干饱和水蒸气	6.280	7.118	8.206	9.881	12.35	16.24	23.03	56.52	

表 1.10.6　冰的比热容

温度/℃	−200	−150	−100	−40	−20	−10	0
c_p/[kJ/(kg·K)]	0.653	1.030	1.390	1.821	1.947	2.010	2.060

表 1.10.7　重水的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温度	压　强/MPa													
/℃	常压	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50
20	4.208	4.203	4.199	4.195	4.191	4.186	4.178	4.165	4.156	4.143	4.131	4.118	4.110	4.101
40	4.191	4.187	4.182	4.178	4.174	4.170	4.161	4.148	4.140	4.127	4.114	4.101	4.088	4.075
60	4.183	4.178	4.174	4.170	4.166	4.161	4.148	4.136	4.127	4.114	4.097	4.084	4.071	4.059
80	4.178	4.174	4.170	4.166	4.161	4.157	4.144	4.131	4.119	4.106	4.093	4.080	4.067	4.055
100	4.178	4.174	4.170	4.161	4.157	4.153	4.140	4.127	4.114	4.102	4.089	4.076	4.063	4.050
120		4.178	4.174	4.166	4.161	4.152	4.140	4.131	4.114	4.097	4.085	4.072	4.059	4.046
140		4.191	4.182	4.174	4.170	4.161	4.153	4.140	4.127	4.109	4.092	4.075	4.058	4.047
160		4.216	4.207	4.199	4.190	4.186	4.169	4.156	4.139	4.122	4.105	4.083	4.067	4.049
180		4.258	4.249	4.241	4.232	4.224	4.198	4.177	4.155	4.134	4.117	4.095	4.074	4.053
200		4.329	4.316	4.303	4.291	4.282	4.252	4.222	4.193	4.167	4.142	4.116	4.085	4.056
220			4.408	4.391	4.378	4.366	4.331	4.297	4.263	4.229	4.195	4.161	4.126	4.092
240			4.546	4.525	4.508	4.491	4.448	4.405	4.363	4.320	4.277	4.235	4.192	4.155
260				4.721	4.696	4.670	4.611	4.564	4.512	4.462	4.415	4.363	4.312	4.272
280					4.963	4.929	4.852	4.780	4.712	4.649	4.589	4.535	4.482	4.403
300						5.400	5.202	5.070	4.978	4.889	4.813	4.736	4.665	4.609

表 1.10.8　重水蒸气的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温度	压　强/MPa										
/℃	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
0	1.882	1.866	1.859	1.859	1.864	1.874	1.887	1.900	1.913	1.931	1.947
20						2.641	2.422	2.291	2.217	2.159	2.128
40								3.189	2.777	2.561	2.442
60									3.892	3.201	2.885
80										4.347	3.536
100											4.467

续表

温度	压　　强/MPa										
/℃	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
0	1.961	1.977	1.990	2.010	2.030	2.046	2.065	2.085	2.101	2.119	2.136
20	2.116	2.114	2.115	2.122	2.129	2.134	2.145	2.157	2.164	2.174	2.191
40	2.360	2.307	2.269	2.246	2.236	2.229	2.229	2.232	2.233	2.239	2.241
60	2.686	2.551	2.461	2.399	2.360	2.334	2.319	2.311	2.304	2.302	2.304
80	3.117	2.868	2.702	2.591	2.513	2.458	2.424	2.402	2.382	2.369	2.376
100	3.637	3.317	3.014	2.831	2.702	2.605	2.543	2.502	2.467	2.444	2.444
120	4.813	3.883	3.403	3.107	2.911	2.768	2.678	2.599	2.537	2.549	2.467
140		4.682	3.874	3.429	3.141	2.946	2.826	2.745	2.677	2.621	2.604
160		6.068	4.492	3.836	3.367	3.097	3.009	2.882	2.793	2.723	2.683
180			5.467	4.344	3.749	3.397	3.190	3.037	2.920	2.830	2.765
200			6.999	5.039	4.182	3.696	3.404	3.204	3.063	2.946	2.855
220			9.659	5.930	4.742	4.060	3.654	3.393	3.203	3.067	2.949
240				7.549	5.337	4.469	3.932	3.595	3.352	3.183	3.055
260				9.404	6.086	4.908	4.222	3.803	3.503	3.303	3.155
280				12.472	7.041	5.380	4.533	4.020	3.662	3.424	3.252
300				15.861	8.099	5.955	4.855	4.252	3.825	3.549	3.355
320					9.572	6.524	5.220	4.495	4.001	3.678	3.462
340					10.968	7.199	5.615	4.747	4.194	3.810	3.576
360						8.017	6.031	5.022	4.399	3.952	3.681
380						8.743	6.493	5.316	4.611	4.100	3.792
400						9.491	6.992	5.627	4.833	4.255	3.912
420							7.494	5.968	5.055	4.421	4.030
440							8.018	6.339	5.293	4.598	4.163
460								6.723	5.537	4.787	4.306
480								7.058	5.807	4.981	4.461
500									6.089	5.185	4.621

1.11　热导率和热扩散系数

表 1.11.1　水的热导率　　单位：W/(m·K)

温度	压　　强/MPa					温度	压　　强/MPa				
/℃	0.1013	10	20	30	40	/℃	0.1013	10	20	30	40
0	0.555	0.5638	0.5685	0.5732	0.5780	180	0.0673	0.6777	0.6848	0.6919	0.6990
10		0.5836	0.5894	0.5942	0.5989	190		0.6719	0.6790	0.6861	0.6919
20	0.598	0.6010	0.6057	0.6104	0.6152	200	0.665	0.6638	0.6709	0.6780	0.6838
30		0.6173	0.6231	0.6279	0.6326	210		0.6545	0.6616	0.6687	0.6758
40		0.6312	0.6371	0.6418	0.6466	220	0.652	0.6452	0.6523	0.6594	0.6665
50		0.6451	0.6499	0.6546	0.6593	230		0.6336	0.6430	0.6501	0.6573
60	0.651	0.6557	0.6627	0.6674	0.6722	240	0.634	0.6220	0.6314	0.6384	0.6457
70		0.6661	0.6731	0.6778	0.6827	250	0.624	0.6104	0.6198	0.6280	0.6351
80	0.669	0.6754	0.6824	0.6871	0.6920	260	0.613	0.5964	0.6071	0.6165	0.6247
90		0.6824	0.6894	0.6941	0.6989	270		0.5826	0.5955	0.6049	0.6145
100	0.682	0.6882	0.6952	0.6999	0.7047	280	0.588	0.5685	0.5804	0.5922	0.6028
110		0.6905	0.6976	0.7035	0.7081	290		0.5523	0.5665	0.5795	0.5899
120	0.685	0.6928	0.6999	0.7058	0.7104	300	0.564	0.5338	0.5515	0.5656	0.5773
130		0.6928	0.6999	0.7058	0.7104	310			0.5341	0.5506	0.5647
140	0.684	0.6917	0.6987	0.7046	0.7093	320			0.5156	0.5345	0.5495
150	0.683	0.6905	0.6976	0.7035	0.7081	330			0.4937	0.5173	0.5343
160	0.680	0.6870	0.6941	0.7012	0.7057	340			0.4694	0.4967	0.5238
170		0.6835	0.6906	0.6977	0.7049						

表 1.11.2　饱和水的热导率　　　　单位：mW/(m·K)

温度/℃	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
λ	569	587	603	618	632	643	654	662	670	676	681	684	687
温度/℃	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
λ	688	688	687	684	681	677	671	665	657	648	639	628	618
温度/℃	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2
λ	603	590	575	558	541	523	508	482	460	437	399	348	238

表 1.11.3　饱和水蒸气和干饱和水蒸气的热导率　　　　单位：mW/(m·K)

类　　别	温　　度/℃												
	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
饱和水蒸气	18.2	18.8	19.4	20.0	20.6	21.2	21.9	22.5	23.2	24.0	24.8	25.6	26.5
干饱和水蒸气											23.7	24.9	25.9
类　　别	温　　度/℃												
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
饱和水蒸气	27.5	28.5	29.6	30.8	32.1	33.6	35.1	36.8	38.7	40.7	43.0	45.5	48.4
干饱和水蒸气	26.8	27.9	28.8	30.1	31.3	32.7	34.2	35.4	37.2	38.9	40.9	42.9	45.1
类　　别	温　　度/℃												
	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2
饱和水蒸气	51.7	55.5	60.0	65.5	72.2	80.6	86.5	96.0	107	119	137	166	238
干饱和水蒸气	48.0	51.0	54.9	58.2	62.6	68.3	75.1	82.5	93.0	107	130	171	

表 1.11.4　过冷水与过热水蒸气的热导率　　　　单位：mW/(m·K)

温度/℃	压　　强/MPa											
	0.1	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	569	570	573	577	581	585	589	592	596	599	603	606
20	604	604	608	612	616	620	623	627	630	634	637	640
50	643	644	647	651	655	659	662	666	669	672	675	678
100	24.8	681	684	688	691	695	698	701	704	707	710	713
150	28.6	687	690	693	696	700	703	706	710	713	716	720
200	33.1	35.0	668	672	676	681	685	689	693	697	701	704
250	38.1	39.2	618	625	633	639	646	652	657	662	667	671
300	43.3	44.2	52.1	545	559	571	582	592	601	609	616	622
350	48.8	49.5	54.8	68.3	99.0	454	476	496	514	529	541	552
400	54.5	55.2	59.3	67.4	81.8	106	154	263	351	388	415	437
450	60.4	61.1	64.6	70.7	79.7	92.7	111	141	176	215	259	307
500	66.6	67.2	70.5	75.7	82.5	91.5	103	117	134	153	176	202
600	79.3	80.0	83.3	87.9	93.2	99.4	106	114	123	132	143	154
700	92.8	93.5	97.1	102	107	112	118	125	131	138	146	154

注：横线上方是过冷水，下方是过热水蒸气。

表 1.11.5　饱和线上重水（液态）的热导率和相对热导率

温度/℃	λ/[W/(m·K)]	$\lambda/\lambda_{水}$	温度/℃	λ/[W/(m·K)]	$\lambda/\lambda_{水}$	温度/℃	λ/[W/(m·K)]	$\lambda/\lambda_{水}$	温度/℃	λ/[W/(m·K)]	$\lambda/\lambda_{水}$
10	0.572	0.988	100	0.637	0.933	190	0.602	0.905	280	0.493	0.865
20	0.582	0.975	110	0.631	0.980	200	0.594	0.904	290	0.478	0.862
30	0.593	0.968	120	0.636	0.927	210	0.585	0.900	300	0.461	0.859
40	0.602	0.961	130	0.633	0.925	220	0.573	0.896	310	0.444	0.855
50	0.610	0.954	140	0.631	0.922	230	0.561	0.891	320	0.424	0.851
60	0.618	0.952	150	0.628	0.919	240	0.549	0.887	330	0.402	0.848
70	0.625	0.947	160	0.623	0.916	250	0.536	0.881	340	0.378	0.844
80	0.631	0.944	170	0.616	0.911	260	0.522	0.875	350	0.349	0.842
90	0.635	0.938	180	0.609	0.906	270	0.508	0.870			

表 1.11.6 重水蒸气的相对热导率

压强	温度/℃									
/MPa	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
0.1013①	1.024	1.028	1.032	1.036	1.040	1.044	1.047	1.050	1.053	1.055
10		0.997	1.012	1.023	1.026	1.027	1.035	1.037	1.039	1.041
15			0.998	1.009	1.009	1.016	1.024	1.028	1.030	1.034
20				0.974	1.004	1.009	1.014	1.019	1.026	1.027
22.5					0.983	1.002	1.008	1.015	1.019	1.023
25					0.970	0.995	1.000	1.009	1.016	1.021

① 常压下温度为 100℃、150℃、200℃、250℃、300℃时，其值分别为 0.97、0.99、1.00、1.01 和 1.02。

表 1.11.7 过热水蒸气的热导率　　单位：mW/(m·K)

温度	压强/MPa										
/℃	常压	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40
100	24.75											
150	29.17											
200	33.70											
250	39.75	41.68	44.89									
300	45.67	47.62	50.13	53.54								
350	51.25	53.20	55.49	58.00	61.29	65.58	86.21					
400	57.06	58.90	60.96	63.36	65.98	69.15	79.95	94.67	148.1			
450	63.22	64.94	67.00	69.30	71.36	74.17	82.41	93.76	110.5	139.0		
500	69.96	71.68	73.63	75.69	77.98	80.38	87.33	96.06	107.5	122.9	132.3	147.1
550	76.71	78.31	80.26	82.32	84.38	86.87	95.22	100.6	110.1	120.1	123.4	132.7
600	83.79	85.40	87.23	89.18	91.24	93.52	99.26	105.9	113.5	122.9	123.1	129.0
650	91.00	92.72	94.56	96.39	98.34	100.4	106.0	112.2	119.1	127.2	125.7	130.1
700	98.44	100.2	102.0	103.8	105.8	107.7	113.1	119	125.3	132.8	129.8	133.0

表 1.11.8 冰的密度和热导率

项目	温度/℃						
	0	−20	−40	−60	−80	−100	−120
ρ/(kg/m³)	917	920	922	924	926	928	929
λ/[W/(m·K)]	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.5	3.8

表 1.11.9 雪的密度和热导率

ρ/(kg/m³)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
λ/[W/(m·K)]	0.0230	0.0286	0.0636	0.1130	0.1757	0.2552	0.3473	0.4540	0.5732	0.6374

表 1.11.10 雪的热导率

雪厚/cm	4	6	8	10	12	14	16	18
λ/[W/(m·K)]	0.041	0.041	0.044	0.048	0.052	0.057	0.061	0.065
雪厚/cm	20	22	24	26	28	30	32	34
λ/[W/(m·K)]	0.069	0.073	0.077	0.084	0.094	0.103	0.110	0.126

表 1.11.11 饱和水的热扩散系数

温度/℃	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
α/(mm²/s)	0.135	0.140	0.144	0.148	0.153	0.156	0.159	0.162	0.164	0.166
温度/℃	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
α/(mm²/s)	0.168	0.170	0.172	0.173	0.174	0.174	0.174	0.174	0.173	0.172

续表

温度/℃	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
α/(mm^2/s)	0.171	0.169	0.167	0.164	0.161	0.159	0.154	0.150	0.145	0.139
温度/℃	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2	
α/(mm^2/s)	0.133	0.125	0.116	0.104	0.092	0.075	0.052	0.018	0	

表 1.11.12　饱和水蒸气和干饱和水蒸气的热扩散系数　　单位：$\mu m^2/s$

类　别	温　度/℃									
	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
饱和水蒸气	2029	1080	602	352	213	135	87.6	58.7	40.4	28.5
类　别	温　度/℃									
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
饱和水蒸气	20.4	15.0	11.2	8.46	6.50	5.06	3.94	3.13	2.52	2.03
干饱和水蒸气	18.6	13.8	10.5	7.97	6.13	4.73	3.72	2.94	2.34	1.87
类　别	温　度/℃									
	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
饱和水蒸气	1.64	1.35	1.11	0.922	0.767	0.642	0.537	0.451	0.379	0.319
干饱和水蒸气	1.49	1.21	0.983	0.806	0.658	0.544	0.453	0.378	0.317	0.261
类　别	温　度/℃									
	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2	
饱和水蒸气	0.266	0.222	0.173	0.133	0.0943	0.0613	0.0380	0.0107	0	
干饱和水蒸气	0.216	0.176	0.141	0.108	0.081	0.058	0.039	0.015		

表 1.11.13　过冷水与过热蒸气的热扩散系数　　单位：$\mu m^2/s$

温度/℃	压　强/MPa											
	0.1	1.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
0	0.135	0.135	0.137	0.138	0.140	0.140	0.142	0.145	0.145	0.147	0.147	0.147
20	0.144	0.144	0.146	0.147	0.148	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155
50	0.156	0.156	0.157	0.158	0.159	0.160	0.161	0.162	0.163	0.163	0.164	0.164
100	20.8	0.168	0.170	0.171	0.171	0.172	0.173	0.173	0.175	0.175	0.176	0.177
150	28.2	0.173	0.175	0.175	0.176	0.176	0.178	0.180	0.180	0.181	0.181	0.182
200	36.7	2.94	0.173	0.174	0.175	0.176	0.177	0.179	0.181	0.181	0.182	0.183
250	46.1	4.08	0.159	0.162	0.166	0.167	0.169	0.171	0.174	0.178	0.178	0.178
300	56.9	5.32	0.721	0.134	0.140	0.147	0.151	0.155	0.159	0.162	0.166	0.169
350	68.8	6.60	1.05	0.378	0.133	0.093	0.108	0.120	0.128	0.135	0.141	0.147
400	81.9	7.61	1.41	0.577	0.307	0.163	0.069	0.030	0.061	0.083	0.098	0.109
450	96.2	9.46	1.74	0.775	0.457	0.298	0.203	0.138	0.098	0.073	0.072	0.079
500	111	11.0	2.13	0.974	0.600	0.417	0.310	0.233	0.186	0.149	0.125	0.109
600	146	14.5	2.83	1.38	0.895	0.657	0.511	0.408	0.348	0.297	0.258	0.229
700	184	18.4	3.65	1.82	1.20	0.899	0.717	0.592	0.510	0.447	0.397	0.359

注：横线上方是过冷水，下方是过热水蒸气。

1.12　比焓和比内能

表 1.12.1　水蒸气的比焓

（1）0K 基准

温度/K	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
h/(kJ/kg)	0.00	187.28	378.74	571.69	779.16	988.92	1205.4	1429.4	1660.5	1898.7

续表

温度/K	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
h/(kJ/kg)	2143.6	2394.9	2652.8	2915.7	3184.1	3.157.5	3735	4017.7	4303.2	4591.7

温度/K	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	3000
h/(kJ/kg)	4892.3	5179.5	5477.2	5777.8	6080.5	6385.7	6693.9	7003.3	7829.3

(2) 273K 基准

温度/K	273	291	298	300	400	500	600	700
h /(J/mol)	0.00	603.74	838.62	906.02	4287.3	7758.1	11334	15026
温度/K	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
h /(J/mol)	18836	22776	26842	31033	35337	39749	44267	48881
温度/K	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3500	4000
h /(J/mol)	60792	73185	85913	98934	112160	125600	152900	180530

(3) 摄氏度

温度 t/℃		0	5	10	15	20	25	30	35	40
h /(kJ/kg)	液体	0	20.94	41.87	62.8	83.74	104.67	125.6	146.54	167.47
	水蒸气	2491.1	2500.8	2510.4	2520.5	2530.1	2539.7	2549.3	2559	2568.6
温度 t /℃		45	50	55	60	65	70	75	80	85
h /(kJ/kg)	液体	188.41	209.34	230.27	251.21	272.14	293.08	314.01	334.94	355.88
	水蒸气	2577.8	2587.4	2596.7	2606.3	2615.5	2624.3	2633.5	2642.3	2651.1
温度 t /℃		90	95	100	105	110	115	120	125	130
h /(kJ/kg)	液体	376.81	397.75	418.68	440.03	460.97	482.32	503.67	525.02	546.38
	水蒸气	2659.9	2668.7	2677	2685	2693.4	2701.3	2708.9	2716.4	2723.9
温度 t/℃		135	140	145	150	160	170	180	190	200
h /(kJ/kg)	液体	567.73	589.08	610.85	632.21	675.75	719.29	763.25	807.64	852.01
	水蒸气	2731	2737.7	2744.4	2750.7	2762.9	2773.3	2782.5	2790.1	2795.5
温度 t /℃		210	220	230	240	250	260	270	280	290
h /(kJ/kg)	液体	897.23	942.45	988.5	1034.56	1081.45	1128.76	1176.91	1225.48	1274.46
	水蒸气	2799.3	2801	2800.1	2796.8	2790.1	2780.9	2768.3	2752	2732.3
温度 t /℃		300	310	320	330	340	350	360	370	374.15
h /(kJ/kg)	液体	1325.5	1378.7	1436.1	1446.8	1562.9	1636.2	1729.2	1888.2	2098
	水蒸气	2708	2680	2648.2	2610.5	2568.6	2516.7	2442.6	2301.9	2098

表 1.12.2 饱和水与干饱和蒸汽的比焓和汽化热

(1) 温度为变量

温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg) 水 h'	汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$	温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg) 水 h'	汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$
1	0.6566	4.22	2502	2497.8	14	1.5974	58.78	2527	2468.2
2	0.7054	8.42	2504	2495.6	15	1.7041	62.97	2528	2465.0
3	0.7575	12.63	2506	2493.4	16	1.817	67.16	2530	2462.8
4	0.8129	16.84	2508	2491.2	17	1.9364	71.34	2532	2460.7
5	0.8719	21.05	2510	2489.0	18	2.062	75.53	2534	2458.5
6	0.9347	25.25	2512	2486.8	19	2.196	79.72	2536	2456.3
7	1.0013	29.45	2514	2484.6	20	2.337	83.9	2537	2453.1
8	1.0721	33.55	2516	2482.5	21	2.486	88.09	2539	2450.9
9	1.1473	37.85	2517	2479.2	22	2.643	92.27	2541	2448.7
10	1.2277	42.04	2519	2477.0	23	2.808	96.46	2543	2446.5
11	1.3118	46.22	2521	2474.8	24	2.982	100.6	2545	2444.4
12	1.4016	50.41	2523	2472.6	25	3.166	104.8	2547	2442.2
13	1.4967	54.6.0	2525	2470.4	26	3.360	109.0	2548	2439.0

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg)		汽化热	温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg)		汽化热
		水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$			水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$
27	3.564	113.2	2550	2436.8	76	40.19	3182	2636	2318.0
28	3.779	117.4	2552	2434.6	77	41.89	322.4	2638	2315.6
29	4.004	121.5	2554	2432.5	78	43.65	326.4	2639	2312.6
30	4.241	125.7	2556	2430.3	79	45.47	330.6	2641	2310.4
31	4.491	129.9	2558	2428.1	80	47.36	334.9	2643	2308.1
32	4.753	134.1	2559	2424.9	81	49.31	339.1	2645	2305.9
33	5.029	138.3	2561	2422.7	82	51.33	343.3	2646	2302.7
34	5.318	142.4	2563	2420.6	83	53.42	347.5	2648	2300.5
35	5.622	146.6	2565	2418.4	84	55.58	351.7	2650	2298.3
36	5.940	150.8	2567	2416.2	85	57.81	855.9	2651	1795.1
37	6.274	155.0	2569	2414.0	86	60.11	360.1	2653	2292.9
38	6.624	159.1	2570	2410.9	87	62.49	364.3	2655	2290.7
39	6.991	163.3	2572	2408.7	88	64.95	868.5	2656	1787.5
40	7.375	167.5	2574	2406.5	89	67.49	372.7	2658	2285.3
41	7.777	171.7	2575	2403.3	90	70.11	377.0	2659	2282.0
42	8.198	175.9	2577	2401.1	91	72.81	381.2	2661	2279.8
43	8.639	180.0	2579	2399.0	92	75.60	385.4	2662	2276.6
44	9.101	184.2	2581	2396.8	93	78.48	389.6	2664	2274.4
45	9.584	188.4	2582	2393.6	94	81.45	393.8	2666	2272.2
46	10.088	192.6	2584	2391.4	95	84.51	398.0	2668	2270.0
47	10.614	196.8	2586	2389.2	96	87.67	402.0	2669	2267.0
48	11.163	200.9	2588	2387.1	97	90.93	406.4	2671	2264.6
49	11.736	205.1	2590	2384.9	98	94.29	410.7	2673	2262.3
50	12.335	209.3	2592	2382.7	99	97.75	414.9	2674	2259.1
51	12.96	213.5	2593	2379.5	100	101.31	419.1	2676	2256.9
52	13.612	217.7	2595	2377.3	101	104.98	423.3	2677	2253.7
53	14.292	221.9	2597	2375.1	102	108.76	427.5	2679	2251.5
54	15.001	226.0	2599	2373.0	103	112.65	431.7	2680	2248.3
55	15.74	230.2	2600	2369.8	104	116.66	436.0	2681	2245.0
56	16.51	234.4	2602	2367.6	105	120.79	440.2	2683	2242.8
57	17.312	238.6	2604	2365.4	106	125.04	444.4	2685	2240.6
58	18.146	242.8	2606	2363.2	107	129.41	448.6	2687	2238.4
59	19.014	246.9	2608	2361.1	108	133.90	452.9	2688	2235.1
60	19.917	251.1	2609	2357.9	109	138.52	457.1	2689	2231.9
61	20.86	255.3	2611	2355.7	110	143.26	461.3	2691	2229.7
62	21.84	259.5	2613	2353.5	111	148.14	465.6	2693	2227.4
63	22.85	263.7	2614	2350.3	112	153.16	469.8	2694	2224.2
64	23.91	267.9	2616	2348.1	113	158.31	474.0	2696	2222.0
65	25.01	272.1	2617	2344.9	114	163.61	478.2	2697	2218.8
66	26.15	276.2	2619	2342.8	115	169.05	482.5	2698	2215.5
67	27.33	280.4	2621	2340.6	116	174.64	486.7	2700	2213.3
68	28.56	284.6	2623	2338.4	117	180.38	491.0	2702	2211.0
69	29.84	288.8	2625	2336.2	118	186.28	495.2	2703	2207.8
70	31.17	293.0	2626	2333.0	119	192.33	499.5	2705	2205.5
71	82.54	297.2	2628	2330.8	120	198.54	503.7	2706	2202.3
72	33.96	301.4	2630	2328.6	121	204.91	507.9	2708	2200.1
73	35.43	305.6	2631	2325.4	122	211.44	512.2	2709	2196.8
74	36.96	309.8	2633	2323.2	123	218.14	516.5	2710	2193.5
75	38.55	314.0	2635	2321.0	124	225.02	520.8	2712	2191.2

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg) 水 h'	汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$	温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg) 水 h'	汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$
125	232.08	525.0	2713	2188.0	174	817.6	736.7	2773	2036.3
126	239.32	529.2	2715	2185.8	175	892.5	741.1	2773	2031.9
127	246.74	533.4	2716	2182.6	176	913.7	745.5	2774	2028.5
128	254.34	537.7	2718	2180.3	177	935.4	749.9	2775	2025.1
129	262.13	542.0	2719	2177.0	178	957.4	754.3	2776	2021.7
130	270.11	546.3	221	2173.7	179	979.9	758.7	2777	2018.3
131	278.29	550.5	222	2170.5	180	1002.7	763.1	2778	2014.9
132	286.68	554.8	223	2168.2	181	1026.0	767.5	2779	2011.5
133	295.28	559.0	224	2165	182	1049.7	771.9	2780	2008.1
134	304.1	663.2	225	2161.8	183	1073.8	776.3	2780	2003.7
135	313.0	367.5	227	2158.5	184	1098.4	780.7	2781	2000.3
136	322.2	571.8	228	2156.2	185	1123.4	785.2	2782	1996.8
137	331.7	576.1	230	2153.9	186	1148.8	789.6	2783	1993.4
138	341.4	580.4	231	2150.6	187	1174.7	794.0	2784	1990.0
139	351.3	584.7	233	2148.3	188	1201.1	798.5	2784	1985.5
140	361.4	589.0	2734	2145.0	189	1228.0	803.0	2785	1982.0
141	371.7	693.3	2735	2041.7	190	1255.3	807.5	2786	1978.5
142	382.3	597.6	2737	2139.4	191	1283.0	811.9	2787	1975.1
143	393.1	601.9	2738	2136.1	192	1311.2	816.4	2787	1970.6
144	404.2	606.2	2739	2132.8	193	1340.0	820.9	2788	1967.1
145	415.5	610.5	2740	2129.5	194	1369.2	825.4	2789	1963.6
146	427.1	814.8	2742	1927.2	195	1398.9	829.9	2790	1960.1
147	438.9	819.1	2743	1923.9	196	1429.1	834.4	2790	1955.6
148	451.0	623.4	2744	2120.6	197	1459.8	838.9	2791	1952.1
149	463.4	627.8	2745	2117.2	198	1491.0	843.4	2792	1948.6
150	476.0	632.2	2746	2113.8	199	1522.8	847.9	2793	1945.1
151	488.9	636.6	2748	2111.4	200	1555.1	852.4	2793	1940.6
152	502.0	641.0	2749	2108.0	201	1587.9	856.9	2793	1936.1
153	515.5	645.3	2750	2104.7	202	1621.2	861.5	2794	1932.5
154	529.3	649.6	2752	2102.4	203	1655.1	866.0	2794	1928.0
155	543.3	653.9	2753	2099.1	204	1689.5	870.5	2795	1924.5
156	557.6	658.2	2754	2095.8	205	1724.5	875.0	2796	1921.0
157	572.3	662.5	255	2853.5	206	1760.1	879.6	2797	1917.4
158	587.2	666.9	2756	2089.1	207	1796.2	884.2	2797	1912.8
159	602.4	671.2	2757	2085.8	208	1832.9	888.7	2797	1908.3
160	618.0	675.6	275	2083.4	209	1870.1	893.2	2798	1904.8
161	633.9	679.9	2759	2079.1	210	1908.0	897.7	2708	1810.3
162	650.2	684.2	2760	2075.8	211	1946.4	902.3	2798	1895.7
163	666.7	688.6	2161	1472.4	212	1985.5	906.9	2799	1892.1
164	683.6	692.9	2762	2069.1	213	2025.2	911.5	2799	1887.5
165	700.8	697.3	2763	2065.7	214	2065.4	916.1	2800	1883.9
166	718.3	701.7	2764	2062.3	215	2106.2	920.7	2800	1879.3
167	736.2	706.1	2765	2058.9	216	2147.7	925.3	2800	1874.7
168	754.5	710.5	2767	2056.5	217	2189.9	929.9	2801	1871.1
169	773.1	714.8	2768	2053.2	218	2232.7	934.5	2801	1866.5
170	792.0	719.2	2769	2049.8	219	2276.1	939.1	2801	1861.9
171	811.4	723.5	2770	2046.5	220	2320.1	943.1	2802	1858.9
172	831.1	727.9	2771	2043.1	221	2364.9	948.3	2802	1853.7
173	851.1	732.3	2772	2039.7	222	2410.3	952.9	2802	1849.1

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg) 水 h'	汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$	温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg) 水 h'	汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$
223	2456.3	957.5	2802	1844.5	272	5679	1195.4	2788	1592.6
224	2503.0	962.2	2802	1839.8	273	5768	1200.5	2787	1586.5
225	2550.4	966.9	2802	1835.1	274	5858	1205.6	2786	1580.4
226	2598.4	971.6	2803	1831.4	275	5949	1210.7	2785	1574.3
227	2647.5	976.3	2803	1826.7	276	6041	1215.9	2784	1568.1
228	2696.7	981.0	2803	1822.0	277	6134	1221.1	2783	1561.9
229	2746.9	985.7	2803	1817.3	278	6228	1226.3	2782	1555.7
230	2797.9	990.4	2803	1812.6	279	6323	1231.6	2781	1549.4
231	2849.5	995.1	2804	1808.9	280	6419	1236.9	2780	1543.1
232	2901.9	999.8	2804	1804.2	281	6517	1242.1	2779	1536.9
233	2955.0	1004.5	2804	1799.5	282	6616	1247.3	2777	1529.7
234	3008.9	1009.2	2804	1794.8	283	6715	1252.5	2776	1523.5
235	3063.5	1013.9	2804	1790.1	284	6816	1257.8	2775	1517.2
236	3118.8	1018.6	2804	1785.4	285	6918	1263.1	2773	1509.9
237	3174.9	1023.3	2804	1780.7	286	7021	1268.4	2772	1503.6
238	3231.8	1028.1	2804	1775.9	287	7125	1273.7	2771	1497.3
239	3289.5	1032.8	2804	1771.2	288	7230	1279.1	2769	1489.9
240	3348.0	1037.5	2803	1765.5	289	7337	1284.1	2768	1483.9
241	3407.3	1042.3	2803	1760.7	290	7445	1290	2766	1476.0
242	3467.3	1047.1	2803	1755.9	291	7554	1295.5	2765	1469.5
243	3528.2	1051.9	2803	1751.1	292	7664	1300.9	2763	1462.1
244	3589.9	1056.7	2803	1746.3	293	7776	1306.3	2761	1454.7
245	3652.4	1061.6	2803	1741.4	294	7888	1311.7	2760	1448.3
246	3715.7	1066.4	2802	1735.6	295	8002	1317.2	2758	1440.8
247	3779.9	1071.3	2802	1730.7	296	8118	1322.7	2757	1434.3
248	3845.0	1076.1	2802	1725.9	297	8235	1328.3	2755	1426.7
249	3910.9	1080.9	2802	1721.1	298	8352	1333.8	2753	1419.2
250	3977.6	1085.7	2801	1715.3	299	8471	1339.3	2751	1411.7
251	4045	1090.6	2801	1710.4	300	8592	1344.9	2749	1404.1
252	4114	1095.5	2801	1705.5	301	8714	1350.5	2747	1396.5
253	4184	1100.4	2800	1699.6	302	8837	1356.2	2745	1388.8
254	4254	1105.3	2799	1693.7	303	8961	1361.9	2744	1382.1
255	4325	1110.2	2799	1688.8	304	9087	1367.5	2741	1373.5
256	4397	1115.2	2798	1682.8	305	9214	1373.1	2739	1365.9
257	4470	1120.1	2798	1677.9	306	9342	1378.8	2737	1358.2
258	4543	1125.1	2797	1671.9	307	9472	1384.5	2734	1349.5
259	4618	1130.1	2797	1666.9	308	9603	1390.3	2732	1341.7
260	4694	1135.1	2796	1660.9	309	9736	1396.2	2730	1333.8
261	4771	1140.1	2796	1655.9	310	9870	1402.1	2727	1324.9
262	4848	1145.1	2795	1649.9	311	10005	1408.0	2725	1317.0
263	4927	1150.1	2795	1644.9	312	10142	1413.9	2722	1308.1
264	5006	1155.1	2795	1639.9	313	10280	1419.8	2720	1300.2
265	5087	1160.2	2794	1633.8	314	10420	1425.7	2717	1291.3
266	5169	1165.2	2793	1627.8	315	10561	1431.7	2714	1282.3
267	5251	1170.2	2792	1621.8	316	10704	1437.7	2711	1273.3
268	5335	1175.2	2791	1615.8	317	10848	1443.8	2709	1265.2
269	5419	1180.3	2790	1609.7	318	10994	1449.9	2706	1256.1
270	5505	1185.3	2790	1604.7	319	11141	1456.0	2703	1247.0
271	5592	1190.3	2789	1598.7	320	11290	1462.1	2700	1237.9

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg)		汽化热	温度 t /℃	压力 p /kPa	比焓/(kJ/kg)		汽化热
		水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$			水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$
321	11440	1468.3	2697	1228.7	349	16335	1663	2571	908
322	11592	1474.6	2694	1219.4	350	16537	1671	2565	894
323	11715	1480.9	2691	1210.1	351	16741	1679	2858	879
324	11900	1487.2	2687	1199.8	352	16947	1688	2551	863
325	12057	1493.6	2684	1190.4	353	17155	1696	2543	847
326	12215	1500.0	2680	1180.0	354	17365	1705	2535	830
327	12375	1506.4	2676	1169.6	355	17577	1714	2527	813
328	12537	1512.9	2673	1160.1	356	17792	1723	2518	795
329	12700	1519.4	2669	1149.6	357	18009	1732	2509	777
330	12865	1520.1	2666	1145.9	358	18228	1742	2500	758
331	13031	1532.8	2662	1129.2	359	18450	1752	2491	739
332	13199	1539.5	2658	1118.5	360	18674	1762	2481	719
333	13369	1546.2	2654	1107.8	361	18900	1772	2471	699
334	13541	1555.3	2650	1094.7	362	19129	1783	2460	677
335	13714	1559.8	2646	1086.2	363	19360	1794	2448	654
336	13889	1566.6	2041	1074.4	364	19594	1805	2435	630
337	14066	1573.4	2636	1062.6	365	19830	1817	2421	604
338	14245	1580.4	3631	2050.6	366	20069	1830	2406	576
339	14426	1587.6	2627	1039.4	367	20311	1844	2390	546
340	14608	1594.7	2622	1027.3	368	20556	1859	3372	513
341	14792	1602	2617	1015	369	20803	1875	2353	478
342	14978	1609	2612	1003	370	21053	1893	2331	438
343	15166	1616	2606	990	371	21306	1913	2305	392
344	15356	1624	2601	977	372	21563	1937	2273	336
345	15548	1632	2595	963	373	21823	1969	2230	261
346	15742	1640	2590	950	374	22087	2032	2147	115
347	15938	1647	2584	937	374.15	22130	2100	2100	0
348	16135	1655	2578	923					

(2) 压力为变量

压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg)		汽化热	压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg)		汽化热
		水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$			水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$
1.0	6.920	29.32	2513	2483.7	9.5	44.84	187.7	2582	2394.3
1.5	13.038	54.75	2525	2470.2	10	45.84	191.9	2584	2392.1
2.0	17.514	73.52	2533	2459.5	11	47.72	199.7	2588	2388.3
2.5	21.094	88.50	2539	2450.5	12	49.45	207.0	2591	2384.0
3.0	24.097	101.04	2545	2444.0	13	51.07	213.8	2594	2380.2
3.5	26.692	111.86	2550	2438.1	14	52.58	220.1	2596	2375.9
4.0	28.979	121.42	2554	2432.6	15	54.00	226.1	2599	2372.9
4.5	31.033	130.00	2557	2427.0	16	55.34	231.7	2601	2369.3
5.0	32.88	137.83	2561	2423.2	17	56.61	236.9	2603	2366.1
5.5	34.59	144.95	2564	2419.0	18	57.82	241.9	2605	2363.1
6.0	36.18	151.50	2567	2415.5	19	58.98	246.7	2607	2360.3
6.5	37.65	157.68	2570	2412.3	20	60.08	251.4	2609	2357.6
7.0	39.03	163.43	2572	2408.6	21	61.14	255.9	2611	2355.1
7.5	40.32	168.8	2574	2405.2	22	62.16	260.2	2613	2352.8
8.0	41.54	173.9	2576	2402.1	23	63.14	264.3	2614	2349.7
8.5	42.69	178.7	2578	2399.3	24	64.08	268.2	2616	2347.8
9.0	43.79	183.3	2580	2396.7	25	64.99	272.0	2618	2346.0

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg)		汽化热	压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg)		汽化热
		水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$			水 h'	汽 h''	$r=h''-h'$
26	65.88	275.7	2620	2344.3	380	141.79	596.8	2736	2139.2
27	66.73	279.3	2621	2341.7	390	142.71	600.8	2737	2136.2
28	67.55	282.7	2623	2340.3	400	143.62	604.7	2738	2133.3
29	68.35	286.0	2624	2338.0	410	141.51	608.5	2740	2131.5
30	69.12	289.3	2625	2335.7	420	145.89	612.3	2741	2128.7
32	70.60	295.5	2627	2331.5	430	146.25	616.1	2742	2125.9
34	72.02	301.5	2630	2328.5	440	147.09	619.8	2743	2123.2
36	73.36	307.1	2632	2324.9	450	147.92	623.4	2744	2120.6
38	74.64	312.5	2634	2321.5	460	148.73	626.9	2745	2118.1
40	75.88	317.7	2636	2318.3	470	149.53	630.3	2746	2115.7
45	78.75	329.6	2641	2311.4	480	150.41	633.7	2747	2113.3
50	81.05	340.6	2645	2304.4	490	151.08	639.9	2748	2108.1
55	83.74	350.7	2649	2298.3	500	151.84	640.1	2749	2108.9
60	85.95	360.0	2653	2293.0	520	153.32	646.5	2750	2103.5
65	88.02	368.6	2657	2288.4	540	154.76	652.7	2752	2099.3
70	89.97	376.8	2660	2283.2	560	156.16	658.8	2754	2095.2
75	91.80	384.5	2663	2278.5	580	157.52	664.7	2755	2090.3
80	93.52	391.8	2665	2273.2	600	158.84	670.5	2757	2086.5
85	95.16	398.7	2668	2269.3	620	160.12	676.0	2758	2082.0
90	96.72	405.3	2670	2264.7	640	161.37	681.5	2760	2078.5
95	98.21	411.5	2673	2261.5	660	162.59	686.9	2761	2074.1
100	99.64	417.4	2675	2257.6	680	163.79	692.1	2762	2069.9
110	102.32	428.9	2679	2250.1	700	164.96	697.2	2764	2066.8
120	104.81	439.4	2683	2243.6	720	166.10	702.2	2765	2062.8
130	107.14	449.2	2687	2237.8	740	167.21	707.1	2766	2058.9
140	109.33	458.5	2690	2231.5	760	168.30	711.8	2767	2055.2
150	111.38	467.2	2693	2225.8	780	169.37	716.4	2768	2051.6
160	113.32	475.4	2696	2220.6	800	170.42	720.9	2769	2048.1
170	115.17	483.2	2699	2215.8	820	171.44	725.4	2770	2044.6
180	116.94	490.7	2702	2211.3	840	172.44	729.8	2771	2041.2
190	118.62	497.9	2704	2206.1	860	173.43	734.2	2772	2037.8
200	120.23	504.8	2707	2202.2	880	174.40	738.6	2773	2034.4
210	121.78	511.4	2709	2197.6	900	175.35	742.8	2774	2031.2
220	123.27	517.8	2711	2193.2	920	176.29	746.9	2775	2028.1
230	124.71	524.0	2713	2189.0	940	177.21	750.9	2776	2025.1
240	126.09	529.8	2715	2185.2	960	178.12	754.8	2777	2022.2
250	127.43	535.4	2717	2181.6	980	179.01	758.8	2778	2019.2
260	128.73	540.9	2719	2178.1	1000	179.88	762.7	2778	2015.3
270	129.98	546.2	2721	2174.8	1050	182.00	772.1	2779	2006.9
280	131.20	551.4	2722	2170.6	1100	184.05	781.1	2781	1999.9
290	132.39	556.5	2724	2167.5	1150	186.04	789.8	2783	1993.2
300	133.54	561.4	2725	2163.6	1200	187.95	798.3	2785	1986.7
310	134.66	566.3	2727	2160.7	1250	189.80	806.5	2786	1979.5
320	135.75	571.1	2728	2156.9	1300	191.60	814.5	2787	1972.5
330	136.82	575.7	2730	2154.3	1350	193.34	822.3	2789	1966.7
340	137.86	580.2	2731	2150.8	1400	195.04	830.0	2790	1960.0
350	138.88	584.5	2732	2147.5	1450	196.68	837.4	2791	1953.6
360	139.87	588.7	2734	2145.3	1500	198.28	844.6	2792	1947.4
370	140.84	592.8	2735	2142.2	1550	199.84	851.5	2793	1941.5

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg)		汽化热 $r=h''-h'$	压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg)		汽化热 $r=h''-h'$
		水 h'	汽 h''				水 h'	汽 h''	
1600	201.36	858.3	2793	1934.7	5100	265.15	1160.6	2793	1632.4
1650	202.85	865.0	2794	1929.0	5200	266.38	1166.8	2702	1535.2
1700	204.30	871.6	2795	1923.4	5300	267.58	1172.9	2791	1618.1
1750	205.72	878.1	2796	1917.9	5400	268.77	1179.0	2791	1612.0
1800	207.10	884.4	2796	1911.6	5500	269.94	1184.9	2790	1605.1
1850	208.45	890.6	2797	1906.4	5600	271.10	1190.8	2789	1598.2
1900	209.78	896.6	2798	1901.4	5700	272.24	1196.6	2788	1591.4
1950	211.09	902.6	2799	1896.4	5800	273.36	1202.4	2786	1583.6
2000	212.37	908.5	2799	1890.5	5900	27.47	1208.2	2786	1577.8
2050	213.62	914.2	2800	1885.8	6000	275.56	1213.9	2785	1571.1
2100	214.84	919.8	2800	1880.2	6100	276.64	1219.6	2784	1564.4
2150	216.05	925.4	2800	1874.6	6200	277.71	1225.1	2782	1556.9
2200	217.24	930.9	2801	1870.1	6300	278.76	1230.6	2781	1550.4
2250	218.41	936.4	2801	1864.6	6400	279.80	1236.0	2780	1544.0
2300	219.55	941.5	2801	1859.5	6500	280.83	1241.3	2779	1537.7
2350	220.67	946.7	2802	1855.3	6600	281.85	1246.6	2778	1531.4
2400	221.77	951.8	2802	1850.2	6700	282.86	1251.8	2776	1524.2
2450	222.85	956.8	2802	1845.2	6800	283.85	1257.0	2775	1518.0
2500	223.93	961.8	2802	1840.2	6900	284.83	1262.2	2773	1510.8
2550	224.99	966.8	2803	1836.2	7000	285.80	1267.4	2772	1504.6
2600	228.03	971.7	2803	1831.3	7100	286.76	1272.5	2771	1498.5
2650	227.05	976.6	2803	1826.4	7200	287.71	1277.6	2769	1491.4
2700	228.06	981.3	2803	1821.7	7300	288.65	1282.6	2768	1485.4
2750	239.06	985.9	2803	1817.1	7400	289.58	1287.6	2767	1479.4
2800	230.04	990.4	2803	1812.6	7500	290.50	1292.7	2766	1473.3
2850	231.01	994.9	2803	1808.1	7600	291.41	1297.7	2764	1466.3
2900	231.96	999.4	2803	1803.6	7700	292.32	1302.6	2763	1460.4
2950	232.90	1003.8	2804	1800.2	7800	293.22	1307.4	2761	1453.6
3000	233.83	1008.3	2804	1795.7	7900	294.10	1312.2	2759	1446.8
3100	235.66	1016.9	2804	1787.1	8000	294.98	1317.0	2758	1441.0
3200	237.44	1025.3	2803	1777.7	8100	295.85	1321.8	2757	1435.2
3300	239.18	1033.7	2803	1769.3	8200	296.71	1326.6	2755	1428.4
3400	240.88	1041.9	2803	1761.1	8300	297.56	1331.4	2753	1421.6
3500	242.54	1049.8	2803	1753.2	8400	298.40	1336.1	2752	1415.9
3600	244.16	1057.5	2802	1744.5	8500	299.24	1340.8	2751	1410.2
3700	245.75	1065.2	2802	1736.8	8600	300.07	1345.4	2749	1403.6
3800	247.31	1072.7	2802	1729.3	8700	300.89	1350.1	2747	1396.9
3900	248.84	1080.2	2801	1720.8	8800	301.71	1354.7	2746	1391.3
4000	250.33	1087.5	2801	1713.5	8900	302.52	1359.2	2744	1384.8
4100	251.80	1094.7	2800	1705.3	9000	303.32	1363.7	2743	1379.3
4200	253.24	1101.7	2800	1698.3	9100	304.11	1368.2	2741	1372.8
4300	251.66	1108.5	2799	1690.5	9200	304.90	1372.7	2740	1367.3
4400	256.05	1115.3	2798	1682.7	9300	305.67	1377.1	2738	1360.9
4500	257.41	1122.1	2798	1675.9	9400	306.45	1381.5	2736	1354.5
4600	258.75	1128.8	2797	1668.2	9500	307.22	1385.9	2734	1348.1
4700	260.07	1135.4	2796	1660.6	9600	307.98	1390.2	2732	1341.8
4800	261.37	1141.8	2796	1654.2	9700	308.74	1394.2	2730	1335.8
4900	262.65	1148.2	2795	1646.8	9800	309.49	1398.9	2728	1329.1
5000	263.91	1154.4	2794	1639.6	9900	310.23	1403.3	2726	1322.7

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg) 水 h'	比焓/(kJ/kg) 汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$	压力 p /kPa	温度 t /℃	比焓/(kJ/kg) 水 h'	比焓/(kJ/kg) 汽 h''	汽化热 $r=h''-h'$
10000	310.96	1407.7	2725	1317.3	16200	348.33	1658	2576	918
10200	312.42	1416.4	2721	1304.6	16400	349.32	1666	2569	903
10400	313.86	1425.0	2717	1292.0	16600	350.31	1674	2562	888
10600	315.28	1433.5	2713	1279.5	16800	351.29	1682	2555	873
10800	316.67	1441.9	2709	1267.1	17000	352.26	1690	2548	858
11000	318.04	1450.2	2705	1254.8	17200	353.21	1698	2541	843
11200	819.39	1458.4	2701	1242.6	17400	354.17	1707	2534	827
11400	320.73	1466.6	2697	1230.4	17600	355.11	1715	2526	811
11600	322.05	1474.8	2693	1218.2	17800	356.04	1723	2518	795
11800	323.35	1483.0	2689	1206.0	18000	356.96	1732	2510	778
12000	324.63	1491.1	2685	1193.9	18200	357.87	1741	2502	761
12200	325.90	1499.2	2680	1180.8	18400	358.78	1749	2493	744
12400	327.15	1507.3	2676	1168.7	18600	359.67	1758	2484	726
12600	328.39	1515.4	2671	1155.6	18800	360.56	1767	2475	708
12800	329.61	1523.5	2667	1143.5	19000	361.44	1776	2466	690
13000	330.81	1531.5	2662	1130.5	19200	362.31	1785	2456	671
13200	332.00	1539.5	2658	1118.5	19400	363.17	1795	2446	651
13400	333.18	1547.3	2653	1105.7	19600	364.02	1805	2435	630
13600	334.34	1555.1	2648	1092.9	19800	364.87	1816	2423	607
13800	335.49	1562.9	2643	1080.1	20000	365.71	1827	2410	583
14000	336.63	1570.8	2638	1067.2	20200	366.54	1838	2397	559
14200	337.75	1578.7	2633	1054.3	20400	367.87	1849	2383	534
14400	338.86	1586.6	2628	1041.4	20600	368.18	1861	2369	508
14600	339.96	1594.5	2622	1027.5	20800	368.09	1874	2353	479
14800	341.04	1602	2617	1015	21000	369.79	1888	2336	448
15000	342.11	1610	2611	1001	21200	370.58	1903	2316	413
15200	343.18	1618	2606	988	21400	371.40	1920	2294	374
15400	344.23	1626	2600	974	21600	372.20	1940	2269	329
15600	345.27	1634	2594	960	21800	372.90	1965	2233	268
15800	346.30	1642	2588	946	22000	373.70	2016	2168	152
16000	347.32	1650	2582	932	22129	374.15	2100	2100	0

表 1.12.3　未饱和水与过热水蒸气的比焓　　单位：kJ/kg

温　度 /℃	压　强/MPa 0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5
0	−0.0412	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5
20	2538.1	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	84.0	84.3
40	2575.5	2574.6	167.4	167.5	167.5	167.5	167.5	167.5	167.9
60	2613.0	2612.3	2611.3	251.1	251.1	251.1	251.1	251.2	251.5
80	2650.6	2650.0	2649.3	2647.8	2644.9	334.9	334.9	335.0	335.3
100	2688.3	2687.9	2687.2	2686.1	2683.8	2681.4	2679.0	2676.5	419.4
120	2726.2	2725.9	2725.4	2724.4	2722.6	2720.7	2718.8	2716.8	503.9
140	2764.3	2764.0	2763.6	2762.8	2761.3	2759.8	2758.2	2756.6	589.2
160	2802.6	2802.3	2802.0	2801.3	2800.1	2798.8	2797.5	2796.2	2767.4
180	2841.0	2840.8	2840.6	2840.0	2838.9	2837.9	2836.8	2835.7	2812.1
200	2879.6	2879.5	2879.3	2878.9	2877.9	2877.0	2876.1	2875.2	2855.4
220	2918.6	2918.5	2918.3	2917.8	2917.1	2916.3	2915.5	2914.7	2897.9
240	2957.7	2957.6	2957.4	2957.0	2956.4	2955.7	2955.0	2954.3	2939.9
260	2997.1	2997.0	2996.8	2996.5	2995.9	2995.3	2994.7	2994.1	2981.4

续表

温 度 /℃	压 强/MPa								
	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5
280	3036.7	3036.6	3036.5	3036.1	3035.6	3035.1	3034.6	3034.0	3022.8
300	3076.5	3076.4	3076.3	3076.0	3075.6	3075.1	3074.6	3074.1	3064.2
320	3116.6	3116.5	3116.4	3116.2	3115.8	3115.3	3114.9	3114.4	3105.5
340	3157.0	3156.9	3156.8	3156.5	3156.2	3155.8	3155.4	3155.1	3146.8
360	3197.5	3197.5	3197.4	3197.1	3196.8	3196.5	3196.1	3195.7	3188.3
380	3238.4	3238.3	3238.2	3238.0	3237.7	3237.4	3237.1	3236.7	3230.0
400	3279.5	3279.4	3279.4	3279.2	3278.9	3278.6	3278.3	3278.0	3271.8
420	3320.8	3320.8	3320.7	3320.5	3320.3	3320.0	3319.8	3319.5	3313.7
440	3362.5	3362.4	3362.4	3362.1	3362.0	3361.7	3361.5	3361.2	3355.9
460	3404.3	3404.3	3404.3	3404.2	3403.9	3403.7	3403.4	3403.2	3398.2
480	3446.5	3446.5	3446.4	3446.3	3446.1	3445.9	3445.7	3445.4	3440.8
500	3489.0	3489.0	3488.9	3488.8	3488.6	3488.4	3488.2	3487.9	3483.6
520	3531.7	3531.7	3531.6	3531.5	3531.3	3531.1	3530.9	3530.7	3526.7
540	3574.6	3574.6	3574.6	3574.5	3574.3	3574.1	3574.0	3573.8	3570.0
560	3618.0	3617.9	3617.9	3617.8	3617.6	3617.4	3617.3	3617.1	3613.5
580	3661.5	3661.5	3661.4	3661.3	3661.2	3661.0	3660.8	3660.7	3657.3
600	3705.3	3705.3	3705.2	3705.1	3705.0	3704.8	3704.7	3704.5	3701.4
620	3749.4	3749.4	3749.3	3749.3	3749.1	3749.0	3748.8	3748.7	3745.7
640	3793.8	3793.7	3793.7	3793.6	3793.5	3793.3	3793.2	3793.1	3790.2
660	3838.4	3838.4	3838.4	3838.3	3838.2	3838.0	3837.9	3837.8	3835.0
680	3883.4	3883.3	3838.3	3883.2	3883.1	3883.0	3882.8	3882.7	3880.1
700	3928.6	3928.6	3928.5	3928.5	3928.2	3928.2	3928.1	3928.0	3925.5

温 度 /℃	压 强/MPa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	10
0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.1	6.1	7.1	8.1	10.1
20	84.8	85.7	86.7	87.6	88.6	89.5	90.4	91.4	93.2
40	168.3	169.2	170.1	171.0	171.9	172.7	173.6	174.5	176.3
60	251.9	252.7	253.6	254.4	255.3	256.1	256.9	257.8	259.4
80	335.7	336.5	337.3	338.1	338.8	339.6	340.4	341.2	342.8
100	419.7	420.5	421.2	422.0	422.7	423.5	424.2	425.0	426.5
120	504.3	505.0	505.7	506.4	507.1	507.8	508.5	509.2	510.6
140	589.5	590.2	590.8	591.5	592.1	592.8	593.4	594.1	595.4
160	675.7	676.3	676.9	677.5	678.0	678.6	679.2	679.8	681.0
180	2777.3	763.6	764.1	764.6	765.2	765.7	766.2	766.7	767.8
200	2827.5	852.6	853.0	853.4	853.8	854.2	854.6	855.1	855.9
220	2874.9	2820.4	943.9	944.2	944.4	944.7	945.0	945.3	946.0
240	2920.5	2876.3	2823.0	1037.7	1037.8	1037.9	1038.0	1038.2	1038.4
260	2964.8	2927.9	2885.5	2835.6	1135.0	1134.8	1134.7	1134.6	1134.3
280	3008.3	2976.9	2941.8	2902.2	2857.0	2804.0	1236.7	1236.2	1235.2
300	3051.3	3024.0	2994.2	2961.5	2925.4	2885.0	2839.2	2785.4	1343.7
320	3094.0	3069.8	3044.0	3016.2	2986.2	2953.5	2917.8	2878.1	2782.0
340	3136.5	3114.9	3092.1	3067.9	3042.2	3014.9	2985.5	2953.9	2882.1
360	3178.9	3159.5	3139.3	3118.2	3095.9	3072.4	3047.6	3021.3	2963.3
380	3221.5	3204.0	3185.8	3166.9	3147.2	3126.6	3105.2	3082.7	3034.4
400	3264.0	3248.1	3231.6	3214.5	3196.9	3178.6	3159.7	3140.1	3098.5
420	3306.6	3291.9	3276.9	3261.4	3245.4	3229.0	3212.1	3194.7	3158.1
440	3349.3	3335.7	3321.9	3307.7	3293.2	3278.3	3263.0	3247.3	3214.8
460	3392.1	3379.6	3366.8	3353.7	3340.4	3326.8	3312.8	3298.6	3269.3
480	3435.1	3423.5	3411.6	3399.5	3387.2	3374.7	3361.9	3349.0	3322.3

续表

温　度 /℃	压　强/MPa 1	2	3	4	5	6	7	8	10
500	3478.3	3467.4	3456.4	3445.2	3433.8	3422.2	3410.5	3398.5	3374.1
520	3521.7	3511.5	3501.2	3490.8	3480.2	3469.5	3458.6	3447.6	3425.1
540	3565.3	3555.8	3546.1	3536.4	3526.5	3516.5	3506.4	3496.2	3475.4
560	3609.1	3600.2	3591.1	3582.0	3572.8	3563.5	3554.1	3544.6	3525.4
580	3653.2	3644.8	3636.3	3627.7	3619.1	3610.4	3601.6	3592.8	3574.9
600	3697.4	3689.5	3681.5	3673.4	3665.4	3657.2	3649.0	3640.7	3624.0
620	3741.9	3734.4	3726.8	3719.2	3711.6	3703.9	3696.2	3688.4	3672.7
640	3786.6	3779.5	3772.3	3765.1	3757.9	3750.6	3743.3	3736.0	3721.2
660	3831.6	3824.8	3818.0	3811.2	3804.3	3797.4	3790.5	3783.6	3769.7
680	3876.9	3870.4	3863.9	3857.4	3850.9	3844.4	3837.8	3831.3	3818.1
700	3922.4	3916.3	3910.1	3903.9	3897.7	3891.5	3885.3	3879.1	3866.6

温　度 /℃	压　强/MPa 12	14	16	18	20	25	30	35	40
0	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1	25.1	30.0	34.9	39.7
20	95.1	97.0	98.8	100.7	102.5	107.1	111.7	116.3	120.8
40	178.1	179.8	181.6	183.3	185.1	189.4	193.8	198.2	202.5
60	261.1	262.8	264.5	266.1	267.8	272.0	276.1	280.3	284.5
80	344.4	346.0	347.6	349.2	350.8	354.8	358.7	362.7	366.7
100	428.0	429.5	431.0	432.5	434.0	437.8	441.6	445.4	449.2
120	512.0	513.5	514.9	516.3	517.7	521.3	524.9	528.5	532.1
140	596.7	598.0	599.4	600.7	602.0	605.4	608.7	612.1	615.5
160	682.2	683.4	684.6	685.9	687.1	690.2	693.3	696.4	699.6
180	768.8	769.9	771.0	772.0	773.1	775.9	778.7	781.5	784.4
200	856.8	857.7	858.6	859.5	860.4	862.8	865.2	867.7	870.2
220	946.6	947.2	947.9	948.6	949.3	951.2	953.1	955.2	957.3
240	1038.8	1039.1	1039.5	1039.9	1040.3	1041.5	1042.8	1044.3	1045.8
260	1134.2	1134.1	1134.0	1134.0	1134.1	1134.3	1134.8	1135.5	1136.4
280	1234.3	1233.5	1232.8	1232.1	1231.6	1230.5	1229.9	1229.5	1229.4
300	1341.5	1339.5	1337.7	1336.1	1334.6	1331.5	1329.0	1327.2	1325.8
320	1461.5	1457.0	1453.0	1449.5	1446.3	1439.6	1434.3	1430.1	1426.7
340	2793.4	2672.6	1589.6	1580.9	1573.7	1559.5	1549.0	1540.8	1534.2
360	2896.6	2817.4	2717.8	2569.8	1742.0	1701.3	1678.6	1662.7	1650.6
380	2980.7	2920.2	2850.6	2767.8	2663.2	1939.5	1841.3	1803.8	1780.3
400	3053.3	3004.0	2949.7	2889.0	2820.1	2583.2	2159.1	1993.6	1935.7
420	3119.1	3077.4	3032.5	2983.9	2931.0	2773.0	2557.2	2296.5	2141.8
440	3180.4	3144.2	3105.8	3065.0	3021.7	2899.4	2751.7	2575.7	2398.5
460	3238.6	3206.6	3173.0	3137.9	3101.0	3000.3	2885.4	2755.5	2616.5
480	3294.6	3265.9	3236.2	3205.2	3173.1	3087.0	2992.2	2888.4	2778.0
500	3349.0	3323.0	3296.3	3268.7	3240.2	3165.0	3083.9	2997.1	2905.8
520	3402.1	3378.4	3354.2	3329.3	3303.7	3237.0	3166.1	3091.3	3013.4
540	3454.2	3432.5	3410.4	3387.7	3364.6	3304.7	3241.7	3176.0	3108.2
560	3505.7	3485.8	3465.4	3444.7	3423.6	3369.2	3312.6	3254.0	3196.8
580	3556.7	3538.2	3519.4	3500.3	3480.9	3431.2	3379.8	3326.9	3272.9
600	3607.0	3589.8	3572.4	3554.8	3536.9	3491.2	3444.2	3396.1	3347.3
620	3656.9	3640.8	3624.6	3608.2	3591.7	3549.5	3506.4	3462.3	3417.6
640	3706.4	3691.3	3676.2	3660.9	3645.5	3606.4	3566.5	3526.0	3485.0
660	3755.6	3741.5	3727.3	3713.0	3698.6	3662.2	3625.2	3587.7	3549.9
680	3804.9	3791.6	3778.2	3764.7	3751.2	3717.1	3682.6	3647.8	3612.8
700	3854.1	3841.5	3828.9	3816.2	3803.5	3771.5	3739.2	3706.8	3674.2

注：横线上方为未饱和水的比焓，下方为过热水蒸气的比焓。

表 1.12.4 与水相接触的饱和空气中水蒸气的比焓

温度/℃	比焓/(kJ/kg)	温度/℃	比焓/(kJ/kg)	温度/℃	比焓/(kJ/kg)	温度/℃	比焓/(kJ/kg)	温度/℃	比焓/(kJ/kg)
−50	−50.20	−21	−19.37	8	24.85	37	143.2	66	638.1
−49	−49.20	−20	−18.21	9	27.06	38	150.7	67	674.9
−48	−48.15	−19	−17.03	10	29.35	39	158.5	68	714.3
−47	−47.15	−18	−15.84	11	31.72	40	166.6	69	757.0
−46	−46.14	−17	−14.63	12	34.18	41	175.2	70	802.6
−45	−45.09	−16	−13.41	13	36.72	42	184.2	71	851.6
−44	−44.09	−15	−12.17	14	39.37	43	193.4	72	904.8
−43	−43.04	−14	−10.91	15	42.12	44	203.6	73	962.2
−42	−42.04	−13	−9.630	16	44.97	45	214.1	74	1024
−41	−40.99	−12	−8.332	17	47.94	46	225.1	75	1092
−40	−39.95	−11	−7.013	18	51.00	47	226.6	76	1165
−39	−38.91	−10	−5.669	19	54.22	48	248.9	77	1246
−38	−37.87	−9	−4.300	20	57.57	49	261.7	78	1334
−37	−36.83	−8	−2.902	21	61.05	50	275.2	79	1432
−36	−35.78	−7	−1.476	22	64.65	51	289.4	80	1539
−35	−34.73	−6	−0.194	23	68.46	52	304.5	81	1658
−34	−33.68	−5	1.470	24	72.39	53	320.4	82	1792
−33	−32.62	−4	2.994	25	76.50	54	337.2	83	1941
−32	−31.55	−3	4.551	26	80.81	55	354.9	84	2110
−31	−30.48	−2	6.151	27	85.29	56	373.6	85	2302
−30	−29.41	−1	7.788	28	89.98	57	393.5	86	2522
−29	−28.33	0	9.471	29	94.84	58	414.5	87	2777
−28	−27.23	1	11.20	30	99.99	59	436.7	88	3075
−27	−26.14	2	12.98	31	105.3	60	460.6	89	3428
−26	−25.03	3	14.81	32	111.0	61	485.7	90	3856
−25	−23.92	4	16.70	33	116.8	62	512.5		
−24	−22.80	5	18.64	34	123.0	63	540.5		
−23	−21.67	6	20.64	35	129.4	64	571.1		
−22	−20.53	7	22.71	36	136.2	65	603.3		

表 1.12.5 与冰相接触的饱和空气中水蒸气的比焓

温度/℃	−50	−49	−48	−47	−46	−45	−44	−43	−42	−41
h/(kJ/kg)	−50.24	−49.24	−48.23	−47.19	−46.18	−45.18	−44.13	−43.13	−42.08	−41.07
温度/℃	−40	−39	−38	−37	−36	−35	−34	−33	−32	−31
h/(kJ/kg)	−40.04	−39.01	−37.98	−36.95	−35.91	−34.87	−33.82	−32.78	−31.72	−30.66
温度/℃	−30	−29	−28	−27	−26	−25	−24	−23	−22	−21
h/(kJ/kg)	−29.60	−28.53	−27.45	−26.37	−25.27	−24.18	−23.08	−21.97	−20.83	−19.70
温度/℃	−20	−19	−18	−17	−16	−15	−14	−13	−12	−11
h/(kJ/kg)	−18.54	−17.38	−16.20	−14.96	−13.79	−12.57	−11.31	−10.04	−8.742	−7.424
温度/℃	−10	−9	−8	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1
h/(kJ/kg)	−6.075	−4.694	−3.283	−1.842	−0.360	1.164	2.726	4.334	5.992	7.704

注：温度为0℃时，其值9.471kJ/kg。

表 1.12.6 重水和过热重水蒸气的比焓 单位：kJ/kg

温度/℃	压强/MPa					
	常压	5	10	20	30	40
3.8	0.0	4.3	8.5	16.7	26.6	35.8
10	26.0	30.2	34.5	43.0	52.5	60.9

续表

温　度 /℃	压　　强/MPa					
	常压	5	10	20	30	40
20	67.8	72.1	76.4	84.1	94.0	101.8
30	109.7	114.0	118.2	126.8	135.3	142.9
40	151.6	155.8	160.1	168.2	176.3	183.9
50	193.4	197.7	201.5	209.7	217.7	224.9
60	235.3	239.1	243.4	251.1	258.8	266.0
70	276.7	281.0	284.8	292.5	299.8	307.0
80	318.6	322.9	326.3	334.0	340.8	347.6
90	360.5	364.7	367.7	375.5	381.7	388.2
100	402.4	406.6	407.4	416.6	422.7	429.3
110	2495.3	448.0	451.0	457.5	463.8	469.8
120	2514.2	489.9	492.5	498.9	504.8	510.4
130	2533.0	531.8	534.3	540.3	545.8	551.4
140	2551.4	573.6	576.2	581.8	586.9	592.5
150	2570.3	615.5	618.1	623.2	627.9	633.1
160	2588.7	657.4	659.9	664.6	669.3	674.0
170	2607.5	699.7	702.2	706.5	711.2	715.4
180	2626.4	742.8	744.5	748.4	753.1	756.8
190	2644.8	785.9	787.2	791.0	794.9	798.2
200	2663.6	829.0	830.3	833.7	836.7	839.7
210	2682.5	872.5	873.9	876.3	879.5	920.1
220	2700.9	916.9	917.8	919.9	921.6	923.8
230	2719.7	962.1	962.1	963.4	964.3	966.1
240	2739.0	1008.6	1008.6	1008.6	1008.6	1009.1
250	2758.3	1055.9	1055.1	1054.2	1053.3	1053.0
260	2777.1	1104.0	1102.8	1100.2	1098.5	1097.3
270	2795.9	2623.0	1151.3	1147.9	1144.9	1142.4
280	2815.2	2657.3	1201.1	1196.0	1192.2	1188.8
290	2834.0	2688.7	1251.7	1244.9	1240.3	1236.0
300	2853.3	2718.8	1305.6	1295.5	1287.9	1283.9
310	2873.0	2748.1	2544.4	1348.6	1339.8	1334.0
320	2892.7	2776.1	2598.3	1404.1	1391.9	1384.1
330	2911.9	2802.9	2645.1	1460.9	1444.9	1434.2
340	2931.6	2829.3	2686.5	1520.4	1497.8	1484.8
350	2950.8	2854.4	2724.5	1590.7	1552.5	1536.1
360	2970.5	2879.9	2760.5	1669.4	1612.4	1586.8
370	2990.2	2904.6	2793.9	2380.6	1643.2	1696.1
380	3010.3	2928.8	2827.9	2491.1	1730.6	1749.3
390	3030.0	2952.8	2859.4	2569.9	1845.4	1812.5
400	3050.1	2977.2	2888.8	2635.4	2082.2	1859.6
410	3070.6	3001.2	2918.2	2692.5	2280.5	1928.9
420	3090.7	3024.8	2946.0	2742.9	2410.5	2040.5
430	3110.8	3047.9	2973.4	2787.8	2510.2	2157.0
440	3131.3	3071.0	3000.7	2829.3	2588.5	2275.4
450	3151.4	3093.7	3027.7	2867.6	2655.1	2380.8
460	3172.3	3116.8	3053.8	2904.6	2713.2	2471.3
470	3192.8	3139.8	3079.9	2939.8	2766.0	2551.2
480	3213.8	3162.5	3105.1	2973.3	2813.4	2621.6
490	3234.3	3184.7	3130.4	3006.3	2858.7	2683.8
500	3255.2	3207.4	3155.6	3038.5	2899.9	2741.6
510	3276.2	3230.0	3180.4	3069.3	2940.4	2793.6
520	3297.1	3252.2	3204.8	3099.3	2978.2	2842.8
530	3318.0	3274.9	3229.1	3128.4	3015.1	2888.2
540	3339.4	3297.5	3253.5	3157.5	3051.6	2931.3
550	3360.7	3320.6	3277.8	3186.2	3084.1	2972.5

注：横线上方为未饱和重水的比焓，下方为过热重水蒸气的比焓。

表 1.12.7 饱和重水和干饱和重水蒸气的比焓和汽化热 单位：kJ/kg

项目	温度/℃					
	3.8	5	10	20	30	40
饱和重水 h'	0.0	5.0	26.0	67.8	109.7	151.6
重水蒸气 h''	2322.4	2324.1	2332.5	2349.2	2365.5	2382.3
汽化热 $r=h''-h'$	2322.4	2319.1	2306.5	2281.4	2255.8	2230.7
项目	温度/℃					
	50	60	70	80	90	100
饱和重水 h'	193.4	234.9	276.7	318.6	360.5	402.4
重水蒸气 h''	2398.2	2414.9	2431.7	2446.8	2461.4	2476.5
汽化热 $r=h''-h'$	2204.8	2180.0	2155.0	2128.2	2100.9	2074.1
项目	温度/℃					
	110	120	130	140	150	160
饱和重水 h'	444.6	486.9	528.8	571.1	612.9	655.2
重水蒸气 h''	2490.7	2504.5	2517.9	2530.9	2543.5	2556.0
汽化热 $r=h''-h'$	2046.1	2017.6	1989.1	1959.8	1930.6	1900.8
项目	温度/℃					
	170	180	190	200	210	220
饱和重水 h'	697.9	741.1	784.2	827.3	875.5	916.1
重水蒸气 h''	2566.5	2574.9	2581.6	2587.4	2592.5	2596.2
汽化热 $r=h''-h'$	1868.6	1833.8	1797.4	1760.1	1717.0	1680.1
项目	温度/℃					
	230	240	250	260	270	280
饱和重水 h'	962.1	1008.6	1055.9	1104.1	1153.0	1203.3
重水蒸气 h''	2600.0	2601.3	2600.4	2597.5	2592.5	2584.5
汽化热 $r=h''-h'$	1637.9	1592.7	1544.5	1493.4	1439.5	1381.2
项目	温度/℃					
	290	300	305	310	315	320
饱和重水 h'	1254.8	1307.5	1334.8	1362.0	1389.6	1418.1
重水蒸气 h''	2572.8	2557.3	2548.1	2537.2	2524.6	2510.4
汽化热 $r=h''-h'$	1318.0	1249.8	1213.3	1175.2	1135.0	1092.3
项目	温度/℃					
	325	330	335	340	345	350
饱和重水 h'	1446.5	1476.7	1507.2	1538.2	1571.3	1608.1
重水蒸气 h''	2494.1	2476.1	2455.1	2430.9	2402.4	2368.0
汽化热 $r=h''-h'$	1047.6	999.4	947.9	892.7	831.1	759.9

项目	温度/℃				
	355	360	365	370	371
饱和重水 h'	1648.3	1696.9	1758.9	1864.8	1910.9
重水蒸气 h''	2326.2	2270.5	2186.9	2049.0	2006.3
汽化热 $r=h''-h'$	677.9	573.6	427.0	184.2	95.4

表 1.12.8 饱和水和饱和水蒸气的比内能

(1) 温度为变量 单位：kJ/kg

温度/℃	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$	温度/℃	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$
0	0.00	2374.0	2374.0	30	125.78	2416.6	2290.8
0.01	0.01	2375.3	2375.3	35	146.67	2423.4	2276.7
5	20.97	2382.3	2361.3	40	167.56	2430.1	2262.6
10	42.00	2389.2	2347.2	45	188.44	2436.8	2248.4
15	62.99	2396.1	2333.1	50	209.32	2443.5	2234.2
20	83.95	2402.9	2319.0	55	230.21	2450.1	2219.9
25	104.88	2409.8	2304.9	60	251.11	2456.6	2205.5

续表

温度/℃	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$	温度/℃	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$
65	272.02	2463.1	2191.1	210	895.53	2599.5	1703.9
70	292.95	2469.6	2176.6	215	903.14	2601.1	1682.9
75	313.90	2475.9	2162.0	220	910.87	2602.4	1661.5
80	334.86	2482.2	2147.4	225	963.73	2603.3	1639.6
85	355.84	2488.4	2132.6	230	986.74	2603.9	1617.2
90	376.85	2494.5	2117.7	235	1009.9	2604.1	1594.2
95	397.88	2500.6	2102.7	240	1033.2	2604.0	1570.8
100	418.94	2506.5	2087.6	245	1056.7	2603.4	1546.7
105	440.02	2512.4	2072.3	250	1080.4	2602.4	1522.0
110	461.14	2518.1	2057.0	255	1104.3	2600.9	1496.7
115	482.30	2523.7	2041.4	260	1128.4	2599.0	1470.6
120	503.50	2529.3	2025.8	265	1152.7	2596.6	1443.9
125	524.74	2534.6	2009.9	270	1177.4	2593.7	1416.3
130	546.02	2539.9	1993.9	275	1202.2	2590.2	1387.9
135	567.35	2545.0	1977.7	280	1227.5	2586.1	1358.7
140	588.74	2550.0	1961.3	285	1253.0	2581.4	1328.4
145	610.18	2554.9	1944.7	290	1278.9	2576.0	1297.1
150	631.68	2559.5	1927.9	295	1305.2	2569.9	1264.7
155	653.24	2564.1	1910.8	300	1332.0	2563.0	1231.0
160	674.87	2568.4	1893.5	305	1359.3	2555.2	1195.9
165	696.56	2572.5	1876.0	310	1387.1	2546.4	1159.4
170	718.33	2576.5	1858.1	315	1415.5	2536.6	1121.1
175	740.17	2580.2	1840.0	320	1444.6	2525.5	1080.9
180	762.09	2583.7	1821.6	330	1505.3	2498.9	993.7
185	784.10	2587.0	1802.9	340	1570.3	2464.6	894.3
190	806.19	2590.0	1783.8	350	1641.9	2418.4	776.6
195	828.37	2592.8	1764.4	360	1725.2	2351.5	626.3
200	850.65	2595.3	1744.7	370	1844.0	2228.5	384.5
205	873.04	2597.5	1724.5	374.14	2029.6	2029.6	0

（2）压力为变量　　　　单位：kJ/kg

压力/kPa	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$	压力/kPa	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$
0.6113	0.00	2375.3	2375.3	125	444.19	2513.5	2069.3
1.0	29.30	2385.0	2355.7	150	466.94	2519.7	2052.7
1.5	54.71	2393.3	2338.6	175	486.80	2524.9	2038.1
2.0	73.48	2399.5	2326.0	200	504.49	2529.5	2025.0
2.5	88.48	2404.4	2315.9	225	520.47	2533.6	2013.1
3.0	101.04	2408.5	2307.5	250	535.10	2537.2	2002.1
4.0	121.45	2415.2	2293.7	275	548.59	2540.5	1991.9
5.0	137.81	2420.5	2282.7	300	561.15	2543.6	1982.4
7.5	168.78	2430.5	2261.7	325	572.90	2546.4	1973.5
10	191.82	2437.9	2246.1	350	583.95	2548.9	1965.0
15	225.92	2448.7	2222.8	375	594.40	2551.3	1956.9
20	251.38	2456.7	2205.4	400	604.31	2553.6	1949.3
25	271.90	2463.1	2191.2	450	622.77	2557.6	1934.9
30	289.20	2468.4	2179.2	500	639.68	2561.2	1921.6
40	317.53	2477.0	2159.5	550	655.32	2564.5	1909.2
50	340.44	2483.9	2143.4	600	669.90	2567.4	1897.5
75	384.31	2496.7	2112.4	650	683.56	2570.1	1886.5
100	417.36	2506.1	2088.7	700	696.44	2572.5	1876.1

续表

压力/kPa	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$	压力/kPa	饱和水 u'	饱和汽 u''	比内能 $u''-u'$
750	708.64	2574.7	1866.1	6000	1205.4	2589.7	1384.3
800	720.22	2576.8	1856.6	7000	1257.5	2580.5	1323.0
850	731.27	2578.7	1847.4	8000	1305.6	2569.8	1264.2
900	741.83	2580.5	1838.6	9000	1350.5	2557.8	1207.3
950	751.95	2582.1	1830.2	10000	1393.0	2544.4	1151.4
1000	761.68	2583.6	1822.0	11000	1433.7	2529.8	1096.0
1100	780.09	2586.4	1806.3	12000	1473.0	2513.7	1040.7
1200	797.29	2588.8	1791.5	13000	1511.1	2496.1	985.0
1300	813.44	2591.0	1777.5	14000	1548.6	2476.8	928.2
1400	828.70	2592.8	1764.1	15000	1585.6	2455.5	869.8
1500	843.16	2594.5	1751.3	16000	1622.7	2431.7	809.0
1750	876.46	2597.8	1721.4	17000	1660.2	2405.0	744.8
2000	906.44	2600.3	1693.8	18000	1698.9	2374.3	675.4
2250	933.83	2602.0	1668.2	19000	1739.9	2338.1	598.1
2500	959.11	2603.1	1644.0	20000	1785.6	2293.0	507.5
3000	1004.8	2604.1	1599.3	21000	1842.1	2230.6	388.5
3500	1045.4	2603.7	1558.3	22000	1961.9	2087.1	125.2
4000	1082.3	2602.3	1520.0	22090	2029.6	2029.6	0.0
5000	1147.8	2597.1	1449.3				

1.13 比　　熵

表 1.13.1　饱和水与干饱和蒸汽的比熵（温度为变量）　单位：kJ/(K·kg)

温度 t	压力 p	比　熵		$r/T_s=$	温度 t	压力 p	比　熵		$r/T_s=$
/℃	/kPa	水 s'	汽 s''	$s''-s'$	/℃	/kPa	水 s'	汽 s''	$s''-s'$
1	0.6566	0.0154	9.1281	9.1127	25	3.166	0.3672	8.5570	8.1898
2	0.7054	0.0306	9.1018	9.0712	26	3.360	0.3812	8.5358	8.1546
3	0.7575	0.0458	9.0757	9.0299	27	3.564	0.3951	8.5147	8.1196
4	0.8129	0.0610	9.0498	8.9888	28	3.779	0.4090	8.4938	8.0848
5	0.8719	0.0762	9.0241	8.9479	29	4.004	0.4228	8.4730	8.0502
6	0.9347	0.0913	8.9978	8.9065	30	4.241	0.4366	8.4523	8.0157
7	1.0013	0.1063	8.9736	8.8673	31	4.491	0.4503	8.4319	7.9816
8	1.0721	0.1212	8.9485	8.8273	32	4.753	0.4640	8.4117	7.9477
9	1.1473	0.1361	8.9238	8.7877	33	5.029	0.4777	8.3916	7.9139
10	1.2277	0.1510	8.8994	8.7484	34	5.318	0.4913	8.3716	7.8803
11	1.3118	0.1658	8.8752	8.7094	35	5.622	0.5049	8.3519	7.8470
12	1.4016	0.1805	8.8513	8.6708	36	5.940	0.5185	8.3323	7.8138
13	1.4967	0.1952	8.8276	8.6324	37	6.274	0.5320	8.3129	7.7809
14	1.5974	0.2098	8.8040	8.5942	38	6.624	0.5455	8.2938	7.7483
15	1.7041	0.2244	8.7806	8.5562	39	6.991	0.5589	8.2748	7.7159
16	1.817	0.2389	8.7574	8.5185	40	7.375	0.5723	8.2559	7.6836
17	1.9364	0.2534	8.7344	8.4810	41	7.777	0.5856	8.2372	7.6516
18	2.062	0.2678	8.7116	8.4438	42	8.198	0.5988	8.2187	7.6199
19	2.196	0.2821	8.6890	8.4069	43	8.639	0.6120	8.2003	7.5883
20	2.337	0.2964	8.6665	8.3701	44	9.101	0.6252	8.1820	7.5568
21	2.486	0.3107	8.6442	8.3335	45	9.584	0.6384	8.1638	7.5254
22	2.643	0.3249	8.6220	8.2971	46	10.088	0.6516	8.1458	7.4942
23	2.808	0.3391	8.6001	8.2610	47	10.614	0.6647	8.1279	7.4632
24	2.982	0.3532	8.5785	8.2253	48	11.163	0.6778	8.1102	7.4324

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比　熵		$r/T_s=$ $s''-s'$	温度 t /℃	压力 p /kPa	比　熵		$r/T_s=$ $s''-s'$
		水 s'	汽 s''				水 s'	汽 s''	
49	11.736	0.6908	8.0927	7.4019	98	94.29	1.2845	7.3786	6.0941
50	12.335	0.7038	8.0753	7.3715	99	97.75	1.2958	7.3666	6.0708
51	12.96	0.7167	8.0579	7.3412	100	101.31	1.3071	7.3547	6.0476
52	13.612	0.7295	8.0407	7.3112	101	104.98	1.3184	7.3429	6.0245
53	14.292	0.7423	8.0236	7.2813	102	108.76	1.3297	7.3311	6.0014
54	15.001	0.7551	8.0068	7.2517	103	112.65	1.3409	7.8193	6.4784
55	15.74	0.7679	7.9901	7.2222	104	116.66	1.3521	7.3076	5.9555
56	16.51	0.7806	7.9736	7.1930	105	120.79	1.3632	7.2959	5.9327
57	17.312	0.7933	7.9571	7.1638	106	125.04	1.3743	7.2843	5.9100
58	18.146	0.8059	7.9407	7.1348	107	129.41	1.3854	7.2728	5.8874
59	19.014	0.8185	7.9245	7.1060	108	133.9	1.3964	7.2611	5.8647
60	19.917	0.8311	7.9084	7.0773	109	138.52	1.4074	7.2500	5.8426
61	20.86	0.8436	7.8925	7.0489	110	143.26	1.4184	7.2387	5.8203
62	21.84	0.8561	7.8767	7.0206	111	148.14	1.4294	7.2274	5.7980
63	22.85	0.8686	7.8609	6.9923	112	153.16	1.4404	7.2162	5.7758
64	23.91	0.8810	7.8452	6.9642	113	158.31	1.4514	7.2051	5.7537
65	25.01	0.8934	7.8297	6.9363	114	163.61	1.4624	7.1941	5.7317
66	26.15	0.9057	7.8144	6.9087	115	169.05	1.4733	7.1832	5.7099
67	27.33	0.9180	7.7992	6.8812	116	174.64	1.4842	7.1724	5.6882
68	28.56	0.9303	7.7841	6.8538	117	180.38	1.4951	7.1616	5.6665
69	29.84	0.9426	7.7692	6.8266	118	186.28	1.5060	7.1509	5.6449
70	31.17	0.9549	7.7544	6.7995	119	192.33	1.5169	7.1403	5.6234
71	82.54	0.9672	7.7396	6.7724	120	198.54	1.5277	7.1298	5.6021
72	33.96	0.9794	7.7249	6.7455	121	204.91	1.5385	7.1193	5.5808
73	35.43	0.9916	7.7103	6.7187	122	211.44	1.5492	7.1089	5.5597
74	36.96	1.0037	7.6958	6.6921	123	218.14	1.5599	7.0985	5.5386
75	38.55	1.0157	7.6815	6.6658	124	225.02	1.5706	7.0881	5.5175
76	40.19	1.0277	7.6673	6.6396	125	232.08	1.5814	7.0777	5.4963
77	41.89	1.0396	7.6533	6.6137	126	239.32	1.5922	7.0674	5.4752
78	43.65	1.0515	7.6393	6.5878	127	246.74	1.6029	7.0573	5.4544
79	45.47	1.0634	7.6254	6.5620	128	254.34	1.6135	7.0472	5.4337
80	47.36	1.0753	7.6116	6.5363	129	262.13	1.6240	7.0372	5.4132
81	49.31	1.0872	7.5979	6.5107	130	270.11	1.6354	7.0272	5.3918
82	51.33	1.099	7.5843	6.4853	131	278.29	1.6450	7.0173	5.3723
83	53.42	1.1107	7.5707	6.4600	132	286.68	1.6555	7.0074	5.3519
84	55.58	1.1225	7.5572	6.4347	133	295.28	1.6659	6.9976	5.3317
85	57.81	1.1342	7.5438	6.4096	134	304.1	1.6764	6.9878	5.3114
86	60.11	1.1459	7.5305	6.3846	135	313.0	1.6869	6.9781	5.2912
87	62.49	1.1576	7.5174	6.3598	136	322.2	1.6973	6.9685	5.2712
88	64.95	1.1693	7.5044	6.3351	137	331.7	1.7078	6.9589	5.2511
89	67.49	1.1809	7.4915	6.3106	138	341.4	1.7183	8.9493	7.2310
90	70.11	1.1925	7.4787	6.2862	139	351.3	1.7278	6.9398	5.2120
91	72.81	1.2041	7.4660	6.2619	140	361.4	1.7392	6.9304	5.1912
92	75.60	1.2157	7.4533	6.2376	141	371.7	1.7496	6.9211	5.1715
93	78.48	1.2272	7.4407	6.2135	142	382.3	1.7599	6.9117	5.1518
94	81.45	1.2387	7.4281	6.1894	143	393.1	1.7702	6.9024	5.1322
95	84.51	1.2502	7.4155	6.1653	144	404.2	1.7804	6.8932	5.1128
96	87.67	1.2617	7.4030	6.1413	145	415.5	1.7907	6.8839	5.0932
97	90.93	1.2731	7.3907	6.1176	146	427.1	1.8009	6.8747	5.0738

续表

温度 t	压力 p	比熵		$r/T_s=$	温度 t	压力 p	比熵		$r/T_s=$
/℃	/kPa	水 s'	汽 s''	$s''-s'$	/℃	/kPa	水 s'	汽 s''	$s''-s'$
147	438.9	1.8112	6.8655	5.0543	196	1429.1	2.2929	6.4619	4.1690
148	451.0	1.8214	6.8564	5.0350	197	1459.8	2.3024	6.4544	4.1520
149	463.4	1.8316	6.8473	5.0157	198	1491.0	2.3119	6.4468	4.1349
150	476.0	1.8418	6.8383	4.9965	199	1522.8	2.3214	6.4393	4.1179
151	488.9	1.8520	6.8293	4.9773	200	1555.1	2.3308	6.4318	4.1010
152	502.0	1.8622	6.8204	4.9582	201	1587.9	2.3402	6.4243	4.0841
153	515.5	1.8723	6.8115	4.9392	202	1621.2	2.3496	6.4168	4.0672
154	529.3	1.8824	6.8027	4.9203	203	1655.1	2.3590	6.4094	4.0504
155	543.3	1.8924	6.7940	4.9016	204	1689.5	2.3684	6.4020	4.0336
156	557.6	1.9025	6.7854	4.8829	205	1724.5	2.3777	6.3945	4.0168
157	572.3	1.9125	6.7768	4.8643	206	1760.1	2.3870	6.3871	4.0001
158	587.2	1.9226	6.7681	4.8455	207	1796.2	2.3964	6.3797	3.9833
159	602.4	1.9326	6.7595	4.8269	208	1832.9	2.4058	6.3723	3.9665
160	618.0	1.9427	6.7508	4.8081	209	1870.1	2.4152	6.3650	3.9498
161	633.9	1.9527	6.7421	4.7894	210	1908.0	2.4246	6.3577	3.9331
162	650.2	1.9627	6.7335	4.7708	211	1946.4	2.4340	6.3504	3.9164
163	666.7	1.9726	6.7250	4.7524	212	1985.5	2.4434	6.3431	3.8997
164	683.6	1.9825	6.7165	4.7340	213	2025.2	2.4528	6.3358	3.8830
165	700.8	1.9924	6.7081	4.7157	214	2065.4	2.4622	6.3285	3.8663
166	718.3	2.0023	6.6998	4.6975	215	2106.2	2.4751	6.3212	3.8461
167	736.2	2.0122	6.6915	4.6793	216	2147.7	2.4808	6.3140	3.8332
168	754.5	2.0221	6.6832	4.6611	217	2189.9	2.4901	6.3067	3.8166
169	773.1	2.0319	6.6749	4.6430	218	2232.7	2.4994	6.2994	3.8000
170	792.0	2.0417	6.6666	4.6249	219	2276.1	2.5087	6.2921	3.7834
171	811.4	2.0515	6.6583	4.6068	220	2320.1	2.5179	6.2849	3.7670
172	831.1	2.0614	6.6500	4.5886	221	2364.9	2.5272	6.2776	3.7504
173	851.1	2.0712	6.6418	4.5706	222	2410.3	2.5364	6.2704	3.7340
174	817.6	2.0811	6.6336	4.5525	223	2456.3	2.5456	6.2632	3.7176
175	892.5	2.0909	6.6256	4.5347	224	2503.0	2.5548	6.2560	3.7012
176	913.7	2.1006	6.6177	4.5171	225	2550.4	2.5640	6.2488	3.6848
177	935.4	2.1103	6.6097	4.4994	226	2598.4	2.5732	6.2417	3.6685
178	957.4	2.1201	6.6017	4.4816	227	2647.5	2.5824	6.2346	3.6522
179	979.9	2.1298	6.5938	4.4640	228	2696.7	2.5916	6.2275	3.6359
180	1002.7	2.1395	6.5858	4.4463	229	2746.9	2.6008	6.2204	3.6196
181	1026.0	2.1491	6.5779	4.4288	230	2797.9	2.6101	6.2133	3.6032
182	1049.7	2.1587	6.5700	4.4113	231	2849.5	2.6193	6.2063	3.5870
183	1073.8	2.1683	6.5622	4.3939	232	2901.9	2.6285	6.1993	3.5708
184	1098.4	2.1780	6.5314	4.3534	233	2955.0	2.6377	6.1922	3.5545
185	1123.4	2.1876	6.5465	4.3589	234	3008.9	2.6469	6.1851	3.5382
186	1148.8	2.1972	6.5386	4.3414	235	3063.5	2.6561	6.1780	3.5219
187	1174.7	2.2069	6.5307	4.3238	236	3118.8	2.6653	6.1709	3.5056
188	1201.1	2.2165	6.5229	4.3064	237	3174.9	2.6745	6.1638	3.4893
189	1228.0	2.2261	6.5151	4.2890	238	3231.8	2.6837	6.1567	3.4730
190	1255.3	2.2357	6.5074	4.2717	239	3289.5	2.6929	6.1496	3.4567
191	1283.0	2.2453	6.4998	4.2545	240	3348.0	2.7021	6.1425	3.4404
192	1311.2	2.2584	6.4921	4.2337	241	3407.3	2.7113	6.1354	3.4241
193	1340.0	2.2643	6.4845	4.2202	242	3467.3	2.7205	6.1283	3.4078
194	1369.2	2.2739	6.4770	4.2031	243	3528.2	2.7296	6.1213	3.3917
195	1398.9	2.2834	6.4694	4.1860	244	3589.9	2.7387	6.1143	3.3756

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比熵		$r/T_s=$ $s''-s'$	温度 t /℃	压力 p /kPa	比熵		$r/T_s=$ $s''-s'$
		水 s'	汽 s''				水 s'	汽 s''	
245	3652.4	2.7478	6.1073	3.3595	294	7888	3.1986	5.7520	2.5534
246	3715.7	2.7569	6.1003	3.3434	295	8002	3.2079	5.7443	2.5364
247	3779.9	2.7660	6.0933	3.3273	296	8118	3.2172	5.7365	2.5193
248	3845.0	2.7751	6.0863	3.3112	297	8235	3.2865	5.7287	2.4422
249	3910.9	2.7842	6.0792	3.2950	298	8352	3.2359	5.7208	2.4849
250	3977.6	2.7934	6.0721	3.2787	299	8471	3.2453	5.7129	2.4676
251	4045	2.8026	6.0650	3.2624	300	8592	3.2548	5.7049	2.4501
252	4114	2.8118	6.0579	3.2461	301	8714	3.2644	5.6969	2.4325
253	4184	2.8210	6.0508	3.2298	302	8837	3.2739	5.6889	2.4150
254	4254	2.8302	6.0437	3.2135	303	8961	3.2834	5.6809	2.3975
255	4325	2.8394	6.0366	3.1972	304	9087	3.2930	5.6728	2.3798
256	4397	2.8486	6.0295	3.1809	305	9214	3.3026	5.6647	2.3621
257	4470	2.8577	6.0224	3.1647	306	9342	3.3122	5.6565	2.3443
258	4543	2.8668	6.0154	3.1486	307	9472	3.3218	5.6483	2.3265
259	4618	2.8759	6.0084	3.1325	308	9603	3.3314	5.6400	2.3086
260	4694	2.8851	6.0013	3.1162	309	9736	3.8411	5.6317	1.7906
261	4771	2.8942	5.9942	3.1000	310	9870	3.3508	5.6233	2.2725
262	4848	2.9034	5.9871	3.0837	311	10005	3.3605	5.6148	2.2543
263	4927	2.9125	5.9800	3.0675	312	10142	3.3702	5.6063	2.2361
264	5006	2.9216	5.9729	3.0513	313	10280	3.3800	5.5977	2.2177
265	5087	2.9307	5.9657	3.0350	314	10420	3.3898	5.5890	2.1992
266	5169	2.9398	5.9585	3.0187	315	10561	3.3996	5.5802	2.1806
267	5251	2.9489	5.9513	3.0024	316	10704	3.4095	5.5714	2.1619
269	5335	2.9580	5.9441	2.9861	317	10848	3.4194	5.5625	2.1431
269	5419	2.9672	5.9369	2.9697	318	10994	3.4294	5.5535	2.1241
270	5505	2.9764	5.9297	2.9533	319	11141	3.4395	5.5444	2.1049
271	5592	2.9856	5.9225	2.9369	320	11290	3.4495	5.5353	2.0858
272	5679	2.9480	5.9153	2.9673	321	11440	3.4596	5.5261	2.0665
273	5768	3.0040	5.9082	2.9042	322	11592	3.4697	5.5169	2.0472
274	5858	3.0132	5.9010	2.8878	323	11715	3.4798	5.5077	2.0279
275	5949	3.0223	5.8938	2.8715	324	11900	3.4900	5.4984	2.0084
276	6041	3.0314	5.8865	2.8551	325	12057	3.5002	5.4191	1.9189
277	6134	3.0405	5.8792	2.8387	326	12215	3.5104	5.4797	1.9693
278	6228	3.0497	5.8719	2.8222	327	12375	3.5207	5.4702	1.9495
279	6323	3.0589	5.8646	2.8057	328	12537	3.5311	5.4607	1.9296
280	6419	3.0681	5.8573	2.7892	329	12700	3.5416	5.4510	1.9094
281	6517	3.0774	5.8500	2.7726	330	12865	3.5522	5.4412	1.8890
282	6616	3.0867	5.8427	2.7560	331	13031	3.5628	5.4313	1.8685
283	6715	3.0960	5.8353	2.7393	332	13199	3.5735	5.4213	1.8478
284	6816	3.1053	5.8279	2.7226	333	13369	3.5842	5.4112	1.8270
285	6918	3.1146	5.8205	2.7059	334	13541	3.5949	5.4009	1.8060
286	7021	3.1239	5.8130	2.6891	335	13714	3.6056	5.3905	1.7849
287	7125	3.1331	5.8054	2.6723	336	13889	3.6163	5.3799	1.7636
288	7230	3.1424	5.7979	2.6555	337	14066	3.6272	5.3692	1.7420
289	7337	3.1517	5.7903	2.6386	338	14245	3.6381	5.3583	1.7202
290	7445	3.1611	5.7827	2.6216	339	14426	3.6492	5.3473	1.6981
291	7554	3.1705	5.7751	2.6046	340	14608	3.6605	5.3361	1.6756
292	7664	3.1798	5.7674	2.5876	341	14792	3.6720	5.3247	1.6527
293	7776	3.1892	5.7597	2.5705	342	14978	3.6835	5.3131	1.6296

续表

温度 t /℃	压力 p /kPa	比熵		$r/T_s=$ $s''-s'$	温度 t /℃	压力 p /kPa	比熵		$r/T_s=$ $s''-s'$
		水 s'	汽 s''				水 s'	汽 s''	
343	15166	3.6950	5.3013	1.6063	360	18674	3.9162	5.0530	1.1368
344	15356	3.7097	5.2892	1.5795	361	18900	3.9320	5.0342	1.1022
345	15548	3.7184	5.2769	1.5585	362	19129	3.9482	5.0145	1.0663
346	15742	3.7302	5.2644	1.5342	363	19360	3.9649	4.9940	1.0291
347	15938	3.7420	5.2517	1.5097	364	19594	3.9825	4.9706	0.9881
348	16135	3.7540	5.2387	1.4847	365	19830	4.0009	4.9463	0.9454
349	16335	3.7662	5.2253	1.4591	366	20069	4.0202	4.9212	0.9010
350	16537	3.7786	5.2117	1.4331	367	20311	4.0413	4.8939	0.8526
351	16741	3.7912	5.1979	1.4067	368	20556	4.0629	4.8646	0.8017
352	16947	3.8040	5.1837	1.3797	369	20803	4.0870	4.8320	0.7450
353	17155	3.8170	5.1690	1.3520	370	21053	4.1137	4.7951	0.6814
354	17365	3.8303	8.1539	4.3236	371	21306	4.1441	4.7529	0.6088
355	17577	3.8439	5.1385	1.2946	372	21563	4.1809	4.7018	0.5209
356	17792	3.8577	5.1225	1.2648	373	21823	4.2295	4.6335	0.4040
357	18009	3.8718	5.1058	1.2340	374	22087	4.3258	4.5029	0.1771
358	18228	3.8862	5.0886	1.2024	374.15	22130	4.4296	4.4296	0.0000
359	18450	3.9010	5.0710	1.1700					

表 1.13.2　饱和水与干饱和蒸汽的比熵（压力为变量）　单位：kJ/(kg·K)

压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵		$r/T_s=s''-s'$	压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵		$r/T_s=s''-s'$
		水 s'	汽 s''				水 s'	汽 s''	
1.0	6.920	0.1054	8.975	8.8696	20	60.08	0.8321	7.907	7.0749
1.5	13.038	0.1958	8.827	8.6312	21	61.14	0.8453	7.890	7.0447
2.0	17.514	0.2609	8.722	8.4611	22	62.16	0.8581	7.874	7.0159
2.5	21.094	0.3124	8.642	8.3296	23	63.14	0.8703	7.859	6.9887
3.0	24.097	0.3546	8.576	8.2214	24	64.08	0.8821	7.884	7.0019
3.5	26.692	0.3908	8.521	8.1302	25	64.99	0.8934	7.830	6.9366
4.0	28.979	0.4225	8.473	8.0505	26	65.88	0.9043	7.816	6.9117
4.5	31.033	0.4507	8.431	7.9803	27	66.73	0.9147	7.803	6.8883
5.0	32.88	0.4761	8.393	7.9169	28	67.55	0.9248	7.791	6.8662
5.5	34.59	0.4993	8.359	7.8597	29	68.35	0.9346	7.779	6.8444
6.0	36.18	0.5207	8.328	7.8073	30	69.12	0.9441	7.769	6.8249
6.5	37.65	0.5406	8.300	7.7594	32	70.60	0.9625	7.745	6.7825
7.0	39.03	0.5591	8.274	7.7149	34	72.02	0.9796	7.724	6.7444
7.5	40.32	0.5764	8.250	7.6736	36	73.36	0.9958	7.705	6.7092
8.0	41.54	0.5927	8.227	7.6343	38	74.64	1.0113	7.687	6.6757
8.5	42.69	0.6080	8.206	7.5980	40	75.88	1.0201	7.670	6.6499
9.0	43.79	0.6225	8.186	7.5635	45	78.75	1.0601	7.629	6.5689
9.5	44.84	0.6362	8.167	7.5308	50	81.05	1.0910	7.593	6.5020
10	45.84	0.6492	8.149	7.4998	55	83.74	1.1193	7.561	6.4417
11	47.72	0.6740	8.116	7.4420	60	85.95	1.1453	7.531	6.3857
12	49.45	0.6966	8.085	7.3884	65	88.02	1.1693	7.504	6.3347
13	51.07	0.7174	8.057	7.3396	70	89.97	1.1918	7.479	6.2872
14	52.58	0.7368	8.031	7.2942	75	91.80	1.2130	7.456	6.2430
15	54.00	0.7550	8.007	7.2520	80	93.52	1.2330	7.434	6.2010
16	55.34	0.7722	7.984	7.2118	85	95.16	1.2518	7.414	6.1622
17	56.61	0.7884	7.963	7.1746	90	96.72	1.2696	7.394	6.1244
18	57.82	0.8088	7.944	7.1352	95	98.21	1.2865	7.376	6.0895
19	58.98	0.818	7.925	7.1070	100	99.64	1.3026	7.360	6.0574

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵 水 s'	比熵 汽 s''	$r/T_s=s''-s'$	压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵 水 s'	比熵 汽 s''	$r/T_s=s''-s'$
110	102.32	1.3327	7.328	5.9953	700	164.96	1.992	6.709	4.7170
120	104.81	1.3606	7.298	5.9374	720	166.10	2.003	6.699	4.6960
130	107.14	1.3866	7.271	5.8844	740	167.21	2.014	6.690	4.6760
140	109.33	1.4100	7.246	5.8360	760	168.30	2.025	6.681	4.6560
150	111.38	1.4336	7.223	5.7894	780	169.37	2.036	6.672	4.6360
160	113.32	1.4550	7.202	5.7470	800	170.42	2.046	6.663	4.6170
170	115.17	1.4752	7.182	5.7068	820	171.44	2.056	6.655	4.5990
180	116.94	1.4943	7.163	5.6687	840	172.44	2.066	6.647	4.5810
190	118.62	1.5126	7.145	5.6324	860	173.43	2.076	6.639	4.5630
200	120.23	1.5302	7.127	5.5968	880	174.40	2.085	6.631	4.5460
210	121.78	1.5470	7.111	5.5640	900	175.35	2.094	6.623	4.5290
220	123.27	1.5630	7.096	5.5330	920	176.29	2.103	6.615	4.5120
230	124.71	1.5783	7.081	5.5027	940	177.21	2.112	6.608	4.4960
240	126.09	1.5929	7.067	5.4741	960	178.12	2.121	6.601	4.4800
250	127.43	1.6071	7.053	5.4459	980	179.01	2.130	6.594	4.4640
260	128.73	1.621	7.040	5.4190	1000	179.88	2.138	6.587	4.4490
270	129.98	1.634	7.027	5.3930	1050	182.00	2.159	6.570	4.4110
280	131.20	1.647	7.015	5.3680	1100	184.05	2.179	6.554	4.3750
290	132.39	1.660	7.003	5.3430	1150	186.04	2.198	6.538	4.3400
300	133.54	1.672	6.992	5.3200	1200	187.95	2.216	6.523	4.3070
310	134.66	1.683	6.981	5.2980	1250	189.80	2.234	6.509	4.2750
320	135.75	1.695	6.971	5.2760	1300	191.60	2.251	6.495	4.2440
330	136.82	1.706	6.961	5.2550	1350	193.34	2.268	6.482	4.2140
340	137.86	1.717	6.951	5.2340	1400	195.04	2.284	6.469	4.1850
350	138.88	1.728	6.941	5.2130	1450	196.68	2.299	6.457	4.1580
360	139.87	1.738	6.932	5.1940	1500	198.28	2.314	6.445	4.1310
370	140.84	1.748	6.923	5.1750	1550	199.84	2.329	6.433	4.1040
380	141.79	1.758	6.914	5.1560	1600	201.36	2.344	6.422	4.0780
390	142.71	1.768	6.905	5.1370	1650	202.85	2.358	6.411	4.0530
400	143.62	1.777	6.897	5.1200	1700	204.30	2.371	6.400	4.0290
410	141.51	1.786	6.889	5.1030	1750	205.72	2.384	6.389	4.0050
420	145.89	1.795	6.881	5.0860	1800	207.10	2.397	6.379	3.9820
430	146.25	1.804	6.873	5.0690	1850	208.45	2.410	6.369	3.9590
440	147.09	1.812	6.865	5.0530	1900	209.78	2.422	6.359	3.9370
450	147.92	1.821	6.857	5.0360	1950	211.09	2.435	6.350	3.9150
460	148.73	1.829	6.850	5.0210	2000	212.37	2.447	6.340	3.8930
470	149.53	1.837	6.843	5.0060	2050	213.62	2.458	6.331	3.8730
480	150.41	1.846	6.835	4.9890	2100	214.84	2.470	6.322	3.8520
490	151.08	1.853	6.828	4.9750	2150	216.05	2.481	6.314	3.8330
500	151.84	1.860	6.822	4.9620	2200	217.24	2.492	6.305	3.8130
520	153.32	1.875	6.809	4.9340	2250	218.41	2.503	6.297	3.7940
540	154.76	1.890	6.796	4.9060	2300	219.55	2.514	6.288	3.7740
560	156.16	1.900	6.784	4.8840	2350	220.67	2.524	6.280	3.7560
580	157.52	1.918	6.772	4.8540	2400	221.77	2.534	6.272	3.7380
600	158.84	1.031	6.761	5.7300	2450	222.85	2.544	6.264	3.7200
620	160.12	1.944	6.750	4.8060	2500	223.93	2.554	6.256	3.7020
640	161.37	1.956	6.739	4.7830	2550	224.99	2.564	6.249	3.6850
660	162.59	1.968	6.729	4.7610	2600	228.03	2.573	6.242	3.6690
680	163.79	1.980	6.719	4.7390	2650	227.05	2.582	6.234	3.6520

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵 水 s'	比熵 汽 s''	$r/T_s=s''-s'$	压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵 水 s'	比熵 汽 s''	$r/T_s=s''-s'$
2700	228.06	2.592	6.227	3.6350	7300	288.65	3.149	5.793	2.6440
2750	239.06	2.602	6.220	3.6180	7400	289.58	3.158	5.786	2.6280
2800	230.04	2.611	6.213	3.6020	7500	290.50	3.160	5.779	2.6190
2850	231.01	2.620	6.206	3.5860	7600	291.41	3.174	5.772	2.5980
2900	231.96	2.628	6.199	3.5710	7700	292.32	3.183	5.765	2.5820
2950	232.90	2.637	6.193	3.5560	7800	293.22	3.192	5.758	2.5660
3000	233.83	2.646	6.186	3.5400	7900	294.10	3.200	5.751	2.5510
3100	235.66	2.662	6.173	3.5110	8000	294.98	3.208	5.745	2.5370
3200	237.44	2.679	6.161	3.4820	8100	295.85	3.216	5.738	2.5220
3300	239.18	2.695	6.149	3.4540	8200	296.71	3.224	5.731	2.5070
3400	240.88	2.710	6.137	3.4270	8300	297.56	3.232	5.724	2.4920
3500	242.54	2.725	6.125	3.4000	8400	298.40	3.240	5.717	2.4770
3600	244.16	2.740	6.113	3.3730	8500	299.24	3.248	5.711	2.4630
3700	245.75	2.755	6.102	3.3470	8600	300.07	3.255	5.704	2.4490
3800	247.31	2.769	6.091	3.3220	8700	300.89	3.263	5.698	2.4350
3900	248.84	2.783	6.081	3.2980	8800	301.71	3.271	5.691	2.4200
4000	250.33	2.796	6.070	3.2740	8900	302.52	3.279	5.685	2.4060
4100	251.80	2.810	6.059	3.2490	9000	303.32	3.287	5.678	2.3910
4200	253.24	2.823	6.049	3.2260	9100	304.11	3.294	5.672	2.3780
4300	251.66	2.836	6.039	3.2030	9200	304.90	3.301	5.665	2.3640
4400	256.05	2.849	6.029	3.1800	9300	305.67	3.309	5.659	2.3500
4500	257.41	2.862	6.020	3.1580	9400	306.45	3.316	5.653	2.3370
4600	258.75	2.874	6.010	3.1360	9500	307.22	3.324	5.646	2.3220
4700	260.07	2.886	6.001	3.1150	9600	307.98	3.331	5.640	2.3090
4800	261.37	2.898	5.991	3.0930	9700	308.74	3.338	5.634	2.2960
4900	262.65	2.909	5.082	2.1730	9800	309.49	3.346	5.628	2.2820
5000	263.91	2.921	5.973	3.0520	9900	310.23	3.353	5.621	2.2680
5100	265.15	2.932	5.564	2.6320	10000	310.96	3.360	5.515	2.1550
5200	266.38	2.943	5.956	3.0130	10200	312.42	3.374	5.602	2.2280
5300	267.58	2.954	5.947	2.9930	10400	313.86	3.388	5.590	2.2020
5400	268.77	2.965	5.939	2.9740	10600	315.28	3.402	5.578	2.1760
5500	269.94	2.976	5.930	2.9540	10800	316.67	3.416	5.665	2.2490
5600	271.10	2.987	5.922	2.9350	11000	318.04	3.430	5.553	2.1230
5700	272.24	2.997	5.914	2.9170	11200	819.39	3.443	5.541	2.0980
5800	273.36	3.007	5.906	2.8990	11400	320.73	3.457	5.528	2.0710
5900	27.47	3.017	5.898	2.8810	11600	322.05	3.470	5.510	2.0400
6000	275.56	3.027	5.890	2.8630	11800	323.35	3.483	5.504	2.0210
6100	276.64	3.037	5.882	2.8450	12000	324.63	3.496	5.492	1.9960
6200	277.71	3.047	5.874	2.8270	12200	325.90	3.509	5.480	1.9710
6300	278.76	3.057	5.866	2.8090	12400	327.15	3.522	5.468	1.9460
6400	279.80	3.066	5.859	2.7930	12600	328.39	3.535	5.456	1.9210
6500	280.83	3.076	5.851	2.7750	12800	329.61	3.548	5.444	1.8960
6600	281.85	3.085	5.844	2.7590	13000	330.81	3.561	5.432	1.8710
6700	282.86	3.095	5.836	2.7410	13200	332.00	3.573	5.420	1.8470
6800	283.85	3.104	5.829	2.7250	13400	333.18	3.586	5.408	1.8220
6900	284.83	3.113	5.822	2.7090	13600	334.34	3.598	5.396	1.7980
7000	285.80	3.122	5.814	2.6920	13800	335.49	3.610	5.384	1.7740
7100	286.76	3.131	5.807	2.6760	14000	336.63	3.623	5.372	1.7490
7200	287.71	3.140	5.800	2.6600	14200	337.75	3.636	5.360	1.7240

续表

压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵 水 s'	比熵 汽 s''	$r/T_s=s''-s'$	压力 p /kPa	温度 t /℃	比熵 水 s'	比熵 汽 s''	$r/T_s=s''-s'$
14400	338.86	3.648	5.348	1.7000	18400	358.78	3.898	5.076	1.1780
14600	339.96	3.660	5.316	1.6560	18600	359.67	3.911	5.060	1.1490
14800	341.04	3.672	5.323	1.6510	18800	360.56	3.925	5.044	1.1190
15000	342.11	3.684	5.310	1.6260	19000	361.44	3.938	5.027	1.0890
15200	343.18	3.697	5.297	1.6000	19200	362.31	3.952	5.009	1.0570
15400	344.23	3.709	5.285	1.5760	19400	363.17	3.967	4.990	1.0230
15600	345.27	3.721	5.273	1.5520	19600	364.02	3.982	4.970	0.9880
15800	346.30	3.733	5.260	1.5270	19800	364.87	3.998	4.949	0.9510
16000	347.32	3.746	5.247	1.5010	20000	365.71	4.015	4.928	0.9130
16200	348.33	3.758	5.233	1.4750	20200	366.54	4.032	4.906	0.8740
16400	349.32	3.770	5.219	1.4490	20400	367.87	4.049	4.883	0.8340
16600	350.31	3.783	5.205	1.4220	20600	368.18	4.067	4.858	0.7910
16800	351.29	3.795	5.191	1.3960	20800	368.09	4.087	4.832	0.7450
17000	352.26	3.807	5.177	1.3700	21000	369.79	4.108	4.803	0.6950
17200	353.21	3.820	5.163	1.3430	21200	370.58	4.131	4.771	0.6400
17400	354.17	3.832	5.149	1.3170	21400	371.40	4.157	4.734	0.5770
17600	355.11	3.845	5.135	1.2900	21600	372.20	4.188	4.692	0.5040
17800	356.04	3.858	5.121	1.2630	21800	372.90	4.223	4.645	0.4220
18000	356.96	3.871	5.107	1.2360	22000	373.70	4.303	4.591	0.2880
18200	357.87	3.884	5.092	1.2080	22129	374.15	4.430	4.430	0.0000

表 1.13.3　未饱和水与过热水蒸气的比熵　　单位：kJ/(kg·K)

温度 /℃	压强/MPa 0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5
0	0.0001	−0.0001	−0.0001	−0.0001	−0.0001	−0.0001	−0.0001	−0.0001	−0.0001
20	9.0604	0.2963	0.2963	0.2963	0.2963	0.2963	0.2963	0.2963	0.2962
40	9.1837	8.4385	0.5721	0.5721	0.5721	0.5721	0.5721	0.5721	0.5719
60	9.2997	8.5552	8.2331	0.8310	0.8310	0.8310	0.8310	0.8310	0.8307
80	9.4093	8.6652	8.3437	8.0205	7.6940	1.0752	1.0752	1.0752	1.0750
100	9.5132	8.7695	8.4484	8.1264	7.8013	7.6091	7.4712	7.3628	1.3066
120	9.6122	8.8687	8.5479	8.2261	7.9025	7.7116	7.5750	7.4681	1.5273
140	9.7066	8.9633	8.6427	8.3213	7.9986	7.8086	7.6729	7.5669	1.7388
160	9.7971	9.0539	8.7334	8.4124	8.0903	7.9009	7.7658	7.6605	6.8653
180	9.8839	9.1408	8.8204	8.4996	8.1780	7.9890	7.8544	7.7496	6.9664
200	9.9672	9.2244	8.9041	8.5834	8.2621	8.0735	7.9393	7.8348	7.0603
220	10.048	9.3049	8.9848	8.6642	8.3432	8.1548	8.0208	7.9166	7.1481
240	10.126	9.3828	9.0626	8.7422	8.4213	8.2332	8.0994	7.9954	7.2314
260	10.201	9.4580	9.1379	8.8176	8.4969	8.3089	8.1758	8.0714	7.3109
280	10.274	9.5310	9.2109	8.8906	8.5700	8.3822	8.2486	8.1449	7.3871
300	10.345	9.6017	9.2817	8.9614	8.6409	8.4582	8.3198	8.2162	7.4605
320	10.413	9.6705	9.3504	9.0302	8.7098	8.5222	8.3888	8.2853	7.5314
340	10.480	9.7374	9.4174	9.0972	8.7768	8.5892	8.4560	8.3525	7.5999
360	10.545	9.8025	9.4825	9.1624	8.8421	8.6545	8.5213	8.4179	7.6664
380	10.609	9.8660	9.5461	9.2259	8.9057	8.7182	8.5851	8.4817	7.7313
400	10.671	9.9280	9.6081	9.2880	8.9678	8.7803	8.6472	8.5439	7.7944
420	10.731	9.9886	9.6686	9.3485	9.0284	8.8410	8.7079	8.6046	7.8558
440	10.790	10.048	9.7279	9.4078	9.0877	8.9003	8.7672	8.6640	7.9157
460	10.848	10.106	9.7858	9.4657	9.1457	8.9583	8.8253	8.7220	7.9743

续表

温 度	压 强/MPa								
/℃	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5
480	10.905	10.162	9.8426	9.5225	9.2024	9.0151	8.8821	8.7789	8.0316
500	10.960	10.218	9.8982	9.5781	9.2581	9.0708	8.9378	8.8346	8.0877
520	11.015	10.273	9.9527	9.6327	9.3127	9.1254	8.9924	8.8892	8.1427
540	11.069	10.326	10.006	9.6862	9.3662	9.1789	9.0460	8.9128	8.1966
560	11.121	10.379	10.059	9.7388	9.4188	9.2315	9.0986	8.9954	8.2495
580	11.173	10.430	10.110	9.7905	9.4701	9.2832	9.1503	9.0471	8.3014
600	11.224	10.481	10.161	9.8413	9.5212	9.3340	9.2011	9.0979	8.3525
620	11.274	10.531	10.211	9.8912	9.5712	9.3839	9.2510	9.1479	8.4026
640	11.323	10.580	10.260	9.9403	9.6203	9.4331	9.3002	9.1971	8.4520
660	11.371	10.628	10.309	9.9887	9.6687	9.4815	9.3486	9.2455	8.5005
680	11.419	10.676	10.356	10.036	9.7164	9.5291	9.3963	9.2932	8.5483
700	11.466	10.723	10.404	10.083	9.7633	9.5761	9.4432	9.3402	8.5954

温度	压 强/MPa								
/℃	1	2	3	4	5	6	7	8	10
0	−0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005
20	0.2961	0.2959	0.2957	0.2955	0.2952	0.2951	0.2948	0.2946	0.2942
40	0.5717	0.5743	0.5709	0.5706	0.5702	0.5698	0.5694	0.5690	0.5682
60	0.8305	0.8299	0.8294	0.8288	0.8283	0.8278	0.8273	0.8267	0.8257
80	1.0746	1.0740	1.0733	1.0726	1.0720	1.0713	1.0707	1.0700	1.0687
100	1.3062	1.3054	1.3046	1.3038	1.3030	1.3023	1.3015	1.3007	1.2992
120	1.5269	1.5260	1.5250	1.5242	1.5232	1.5224	1.5215	1.5206	1.5188
140	1.7383	1.7373	1.7362	1.7352	1.7342	1.7332	1.7321	1.7311	1.7291
160	1.9420	1.9408	1.9396	1.9385	1.9373	1.9361	1.9350	1.9338	1.9315
180	6.5851	2.1379	2.1366	2.1352	2.1339	2.1325	2.1312	2.1299	2.1272
200	6.6940	2.3300	2.3284	2.3268	2.3253	2.3237	2.3222	2.3207	2.3176
220	6.7921	6.3842	2.5166	2.5147	2.5129	2.5111	2.5093	2.5075	2.5040
240	6.8826	6.4953	6.2245	2.7007	2.6985	2.6963	2.6941	2.6920	2.6878
260	6.9674	6.5941	6.3440	6.1355	2.8842	2.8815	2.8789	2.8762	2.8711
280	7.0475	6.6842	6.4477	6.2581	6.0889	5.9253	3.0667	3.0633	3.0567
300	7.1239	6.7679	6.5408	6.3634	6.2104	6.0693	5.9322	5.7918	3.2494
320	7.1971	6.8466	6.6262	6.4573	6.3147	6.1869	6.0672	5.9510	5.7120
340	7.2675	6.9212	6.7060	6.5430	6.4077	6.2886	6.1797	6.0768	5.8782
360	7.3356	6.9929	6.7818	6.6237	6.4939	6.3811	6.2793	6.1849	6.0086
380	7.4019	7.0621	6.8541	6.6995	6.5736	6.4653	6.3688	6.2804	6.1191
400	7.4606	7.1285	6.9231	6.7713	6.6486	6.5438	6.4511	6.3670	6.2158
420	7.5283	7.1927	6.9894	6.8399	6.7196	6.6175	6.5278	6.4469	6.3031
440	7.5890	7.2550	7.0535	6.9058	6.7875	6.6876	6.6002	6.5218	6.3837
460	7.6482	7.3156	7.1155	6.9694	6.8528	6.7546	6.6691	6.5928	6.4591
480	7.7061	7.3747	7.1758	7.0310	6.9158	6.8191	6.7352	6.6605	6.5305
500	7.7627	7.4323	7.2345	7.0909	6.9768	6.8814	6.7988	6.7251	6.5984
520	7.8181	7.4886	7.2918	7.1491	7.0361	6.9417	6.8602	6.7881	6.6635
540	7.8724	7.5137	7.3477	7.2059	7.0938	7.0003	6.9198	6.8486	6.7262
560	7.9256	7.5977	7.4024	7.2614	7.1501	7.0575	6.9778	6.9075	6.7869
580	7.9779	7.6506	7.4560	7.3156	7.2050	7.1131	7.0342	6.9646	6.8456
600	8.0292	7.7024	7.5084	7.3686	7.2586	7.1673	7.0890	7.0201	6.9025
620	8.0795	7.7532	7.5597	7.4204	7.3109	7.2202	7.1425	7.0742	6.9577
640	8.1291	7.8032	7.6101	7.4712	7.3622	7.2719	7.1947	7.1269	7.0114
660	8.1778	7.8523	7.6596	7.5211	7.4125	7.3226	7.2458	7.1784	7.0639
680	8.2258	7.9006	7.7082	7.5702	7.4619	7.3724	7.2960	7.2290	7.1152
700	8.2731	7.9483	7.7562	7.6185	7.5105	7.4214	7.3453	7.2787	7.1656

续表

温度/℃	压　　强/MPa								
	12	14	16	18	20	25	30	35	40
0	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0008	0.0007	0.0004
20	0.2937	0.2933	0.2928	0.2924	0.2919	0.2907	0.2895	0.2883	0.2870
40	0.5674	0.5666	0.5659	0.5651	0.5643	0.5623	0.5604	0.5584	0.5565
60	0.8246	0.8236	0.8225	0.8215	0.8204	0.8178	0.8153	0.8127	0.8102
80	1.0674	1.0661	1.0648	1.0636	1.0623	1.0591	1.0560	1.0529	1.0498
100	1.2977	1.2961	1.2946	1.2931	1.2916	1.2879	1.2843	1.2807	1.2771
120	1.5170	1.5153	1.5136	1.5118	1.5101	1.5059	1.5017	1.4976	1.4935
140	1.7271	1.7251	1.7231	1.7212	1.7192	1.7144	1.7097	1.7050	1.7004
160	1.9292	1.9269	1.9247	1.9225	1.9203	1.9148	1.9095	1.9042	1.8991
180	2.1246	2.1220	2.1195	2.1170	2.1145	2.1083	2.1022	2.0963	2.0905
200	2.3146	2.3117	2.3087	2.3058	2.3030	2.2960	2.2891	2.2824	2.2758
220	2.5005	2.4970	2.4936	2.4903	2.4870	2.4789	2.4711	2.4635	2.4500
240	2.6837	2.6796	2.6760	2.6717	2.6678	2.6584	2.6493	2.6406	2.6321
260	2.8661	2.8612	2.8563	2.8516	2.8470	2.8359	2.8252	2.8150	2.8052
280	3.0503	3.0441	3.0381	3.0323	3.0266	3.0130	3.0002	2.9881	2.9765
300	3.2407	3.2324	3.2245	3.2168	3.2095	3.1922	3.1763	3.1615	3.1476
320	3.4464	3.4338	3.4222	3.4113	3.4010	3.3776	3.3568	3.3379	3.3206
340	5.6725	5.4297	3.6484	3.6291	3.6121	3.5764	3.5469	3.5214	3.4988
360	5.8383	5.6624	5.4653	5.2011	3.8818	3.8037	3.7546	3.7168	3.6855
380	5.9691	5.8223	5.6719	5.5097	5.3209	4.1730	4.0074	3.9362	3.8871
400	6.0787	5.9488	5.8215	5.6926	5.5578	5.1472	4.4854	4.2221	4.1213
420	6.1750	6.0562	5.9427	5.8315	5.7202	5.4254	5.0694	4.6651	4.4227
440	6.2622	6.1512	6.0470	5.9470	5.8493	5.6053	5.3464	5.0626	4.7877
460	6.3427	6.2376	6.1400	6.0478	5.9590	5.7448	5.5313	5.3114	5.0894
480	6.4181	6.3174	6.2250	6.1384	6.0560	5.8617	5.6751	5.4904	5.3069
500	6.4893	6.3922	6.3038	6.2215	6.1440	5.9639	5.7954	5.6329	5.4745
520	6.5571	6.4630	6.3777	6.2989	6.2251	6.0558	5.9004	5.7533	5.6120
540	6.6220	6.5304	6.4477	6.3717	6.3009	6.1401	5.9945	5.8588	5.7300
560	6.6847	6.5951	6.5146	6.4410	6.3726	6.2185	6.0806	5.9535	5.8341
580	6.7451	6.6573	6.5787	6.5070	6.4406	6.2921	6.1604	6.0400	5.9279
600	6.8034	6.7172	6.6401	6.5701	6.5055	6.3616	6.2351	6.1202	6.0139
620	6.8599	6.7749	6.6992	6.6306	6.5676	6.4276	6.3054	6.1952	6.0937
640	6.9147	6.8308	6.7563	6.6889	6.6271	6.4906	6.3720	6.2657	6.1684
660	6.9681	6.8852	6.8117	6.7454	6.6846	6.5510	6.4356	6.3326	6.2387
680	7.0203	6.9382	6.8656	6.8002	6.7404	6.6093	6.4965	6.3963	6.3054
700	7.0714	6.9901	6.9183	6.8537	6.7947	6.6657	6.5553	6.4575	6.3691

注：横线上方为未饱和水的比熵，下方为过热水蒸气的比熵。

表 1.13.4　饱和重水和干饱和重水蒸气的比熵　　单位：kJ/(kg·K)

项　目	温　度/℃							
	3.8	5	10	20	30	40	50	60
重水 s'	0.0000	0.0193	0.0929	0.2391	0.3818	0.5187	0.6506	0.7762
重水蒸气 s''	8.3857	8.3564	8.2384	8.0211	7.8230	7.6417	7.4730	7.3198
$s''-s'$	8.3857	8.3371	8.1455	7.7820	7.4412	7.1230	6.8224	6.5436
项　目	温　度/℃							
	70	80	90	100	110	120	130	140
重水 s'	0.8997	1.0212	1.1396	1.2535	1.3653	1.4742	1.5809	1.6835
重水蒸气 s''	7.1787	7.0468	6.9250	6.8119	6.7056	6.6064	6.5142	6.6361
$s''-s'$	6.2790	6.256	5.7854	5.5584	5.3403	5.1322	4.9333	4.9526

续表

项目	温度/℃							
	150	160	170	180	190	200	210	220
重水 s'	1.7823	1.8782	1.9741	2.0691	2.1642	2.2575	2.3488	2.4401
重水蒸气 s''	6.3451	6.2668	6.1906	6.1165	6.0453	5.9771	5.9109	5.8477
$s''-s'$	4.5628	4.3886	4.2165	4.0474	3.8811	3.7196	3.5621	3.4076

项目	温度/℃							
	230	240	250	260	270	280	290	300
重水 s'	2.5301	2.6197	2.7093	2.7985	2.8872	2.9760	3.0652	3.1548
重水蒸气 s''	5.7853	5.7234	5.6614	5.5994	5.5370	5.4726	5.4060	5.3357
$s''-s'$	3.2552	3.1037	2.9521	2.8009	2.6498	2.4966	2.3408	2.1809

项目	温度/℃							
	305	310	315	320	325	330	335	340
重水 s'	3.2004	3.2456	3.2825	3.3373	3.3838	3.4311	3.4788	3.5265
重水蒸气 s''	5.2988	5.2611	5.2209	5.1791	5.1351	5.0882	5.0371	4.9823
$s''-s'$	2.0984	2.0155	1.9384	1.8418	1.7513	1.6571	1.5583	1.4558

项目	温度/℃						
	345	350	355	360	365	370	371
重水 s'	3.5768	3.6333	3.6961	3.7757	3.8854	4.0696	4.1541
重水蒸气 s''	4.9212	4.8529	4.7750	4.6817	4.5347	4.3559	4.3024
$s''-s'$	1.3444	1.2196	1.0789	0.9060	0.6493	0.2863	0.1483

表 1.13.5 重水和过热重水蒸气的比熵 单位：kJ/(kg·K)

温度/℃	压强/MPa					
	常压	5	10	20	30	40
3.8	0.0000	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0008
10	0.0929	0.0929	0.0925	0.0917	0.0908	0.0885
20	0.2391	0.2382	0.2378	0.2360	0.2339	0.2323
30	0.3818	0.3806	0.3797	0.3775	0.3741	0.3717
40	0.5187	0.5170	0.5153	0.5119	0.5085	0.5051
50	0.6506	0.6485	0.6468	0.6429	0.6391	0.6353
60	0.7762	0.7741	0.7720	0.7677	0.7634	0.7592
70	0.8997	0.8972	0.8951	0.8903	0.8857	0.8810
80	1.0212	1.0182	1.0156	1.0109	1.0058	1.0007
90	1.1392	1.1362	1.1333	1.1273	1.1217	1.1162
100	1.2531	1.2501	1.2458	1.2395	1.2339	1.2279
110	6.8537	1.3615	1.3581	1.3517	1.3448	1.3380
120	6.9023	1.4821	1.4659	1.4590	1.4522	1.4455
130	6.9496	1.5771	1.5724	1.5648	1.5588	1.5504
140	6.9952	1.6792	1.6745	1.6660	1.6584	1.6507
150	7.0396	1.7776	1.7729	1.7636	1.7555	1.7478
160	7.0835	1.8735	1.8684	1.8586	1.8497	1.8421
170	7.1258	1.9698	1.9642	1.9536	1.9443	1.9367
180	7.1677	2.0644	2.0584	2.0474	2.0372	2.0288
190	7.2079	2.1594	2.1534	2.1411	2.1310	2.1225
200	7.2485	2.2528	2.2464	2.2340	2.2226	2.2139
210	7.2874	2.3445	2.3372	2.3240	2.3130	2.3033
220	7.3263	2.4353	2.4272	2.4128	2.4018	2.3915
230	7.3640	2.5257	2.5163	2.4998	2.4863	2.4753
240	7.4013	2.6153	2.6038	2.5847	2.5699	2.5581
250	7.4377	2.7065	2.6916	2.6679	2.6515	2.6384
260	7.4733	2.7977	2.7789	2.7498	2.7306	2.7172

续表

温　度/℃	压　强/MPa					
	常　压	5	10	20	30	40
270	7.5084	5.6222	2.8654	2.8292	2.8075	2.7928
280	7.5440	5.6852	2.9539	2.9089	2.8836	2.8691
290	7.5934	5.7428	3.0440	2.9883	2.9611	2.9450
300	7.6122	5.7959	3.1398	3.0684	3.0385	3.0213
310	7.6453	5.8452	5.2806	3.1517	3.1155	3.0989
320	7.6784	5.8915	5.3700	3.2392	3.1943	3.1761
330	7.7110	5.9379	5.4478	3.3405	3.2799	3.2536
340	7.7428	5.9805	5.5168	3.4553	3.3701	3.3328
350	7.7751	6.0222	5.5795	3.5854	3.4768	3.4183
360	7.8060	6.0611	5.6359	3.7547	3.5904	3.5075
370	7.8378	6.0999	5.6890	4.8316	3.6547	3.6828
380	7.8684	6.1383	5.7411	5.0014	3.7694	3.7924
390	7.8989	6.1740	5.7883	5.1202	3.9671	3.8946
400	7.9286	6.2099	5.8337	5.2185	4.3227	3.9665
410	7.9580	6.2453	5.8752	5.3010	4.6159	4.0640
420	7.9877	6.2793	5.9160	5.3755	4.8122	4.2160
430	8.0166	6.3460	5.9553	5.4398	4.9474	4.3955
440	8.0455	6.3466	5.9961	5.4989	5.0587	4.5630
450	8.0744	6.3780	6.0319	5.5527	5.1511	4.7087
460	8.1020	6.4095	6.0676	5.6029	5.2316	4.8341
470	8.1300	6.4402	6.1030	5.6509	5.3024	4.9413
480	8.1577	6.4704	6.1367	5.6958	5.3661	5.0354
490	8.1849	6.5006	6.1695	5.7390	5.4254	5.1179
500	8.2125	6.5299	6.2023	5.7813	5.4816	5.1918
510	8.2393	6.5589	6.2351	5.8214	5.5313	5.2598
520	8.2661	6.5878	6.2662	5.8607	5.5801	5.3213
530	8.2923	6.6221	6.5527	5.8783	5.6380	5.3720
540	8.3185	6.6452	6.3257	5.9321	5.6682	5.4326
550	8.3444	6.6716	6.3556	5.9662	5.7107	5.4829

注：横线上方为未饱和重水的比熵，下方为过热重水蒸气的比熵。

1.14　其他物性

表 1.14.1　不同绝对压力下水和水蒸气参数综合表

温度 t /℃	0.001MPa, t_s=6.983℃		0.003MPa, t_s=24.100℃		0.005MPa, t_s=32.898℃		0.007MPa, t_s=39.025℃	
	v'=0.0010001 v''=129.209 /(m³/kg)	h'=29.34 h''=2514.4 /(kJ/kg)	v'=0.0010027 v''=45.667 /(m³/kg)	h'=101.00 h''=2545.6 /(kJ/kg)	v'=0.0010052 v''=28.194 /(m³/kg)	h'=137.77 h''=2561.6 /(kJ/kg)	v'=0.0010074 v''=20.531 /(m³/kg)	h'=163.38 h''=2572.6 /(kJ/kg)
0	0.0010002	−0.04	0.0010002	−0.04	0.0010002	−0.04	0.0010002	−0.04
10	130.604	2520.0	0.0010003	42.00	0.0010003	42.00	0.0010003	42.00
20	135.228	2538.6	0.0010017	83.86	0.0010017	83.86	0.0010017	83.87
30	139.850	2557.2	46.579	2556.7	0.0010043	125.66	0.0010043	125.67
40	144.472	2575.9	48.124	2575.4	28.854	2574.9	20.596	2574.5
50	149.093	2594.6	49.668	2594.2	29.783	2593.7	21.261	2593.3
60	153.713	2613.3	51.211	2612.9	30.711	2612.6	21.925	2612.2
70	158.332	2632.1	52.754	2631.7	31.638	2631.4	22.588	2631.1
80	162.951	2650.9	54.296	2650.6	32.565	2650.3	23.251	2650.0
90	167.569	2669.7	55.837	2669.5	33.491	2669.2	23.914	2668.9

续表

温度 t /℃	0.009MPa, t_s=43.787℃		0.012MPa, t_s=49.446℃		0.016MPa, t_s=55.341℃		0.020MPa, t_s=60.086℃	
	v'=0.0010094 v''=16.204 /(m^3/kg)	h'=183.28 h''=2581.1 /(kJ/kg)	v'=0.0010119 v''=12.362 /(m^3/kg)	h'=206.94 h''=2591.2 /(kJ/kg)	v'=0.0010147 v''=9.4331 /(m^3/kg)	h'=231.60 h''=2601.6 /(kJ/kg)	v'=0.0010172 v''=7.6498 /(m^3/kg)	h'=251.45 h''=2609.9 /(kJ/kg)
0	0.0010002	−0.03	0.0010002	−0.03	0.0010002	−0.03	0.0010002	−0.02
10	0.0010002	42.00	0.0010002	42.00	0.0010002	42.01	0.0010002	42.01
20	0.0010017	83.87	0.0010017	83.87	0.0010017	83.87	0.0010017	83.88
30	0.0010043	125.67	0.0010043	125.67	0.0010043	125.67	0.0010043	125.68
40	0.0010078	167.45	0.0010078	167.46	0.0010078	167.46	0.0010078	167.46
50	16.526	2592.9	12.384	2592.2	0.0010121	209.26	0.0010121	209.26
60	17.044	2611.8	12.773	2611.2	9.5697	2610.5	0.0010171	251.09
70	17.561	2630.7	13.162	2630.2	9.8624	2629.5	7.8827	2628.8
80	18.077	2649.7	13.550	2649.2	10.1545	2648.6	8.1172	2648.0
90	18.593	2668.6	13.938	2668.2	10.4462	2667.7	8.3512	2667.1

温度 t /℃	0.024MPa, t_s=64.082℃		0.028MPa, t_s=67.547℃		0.032MPa, t_s=70.615℃		0.036MPa, t_s=73.374℃	
	v'=0.0010194 v''=6.4467 /(m^3/kg)	h'=268.48 h''=2616.8 /(kJ/kg)	v'=0.0010214 v''=5.5788 /(m^3/kg)	h'=282.69 h''=2622.7 /(kJ/kg)	v'=0.0010232 v''=4.9223 /(m^3/kg)	h'=295.55 h''=2628.0 /(kJ/kg)	v'=0.0010249 v''=4.4078 /(m^3/kg)	h'=307.12 h''=2632.6 /(kJ/kg)
0	0.0010002	−0.02	0.0010002	−0.01	0.0010002	−0.01	0.0010002	−0.01
10	0.0010002	42.02	0.0010002	42.02	0.0010002	42.02	0.0010002	42.03
20	0.0010017	83.88	0.0010017	83.89	0.0010017	83.89	0.0010017	83.89
30	0.0010043	125.68	0.0010043	125.69	0.0010043	125.69	0.0010043	125.69
40	0.0010078	167.47	0.0010078	167.47	0.0010078	167.47	0.0010078	167.48
50	0.0010121	209.27	0.0010121	209.27	0.0010121	209.27	0.0010121	209.28
60	0.0010171	251.09	0.0010171	251.10	0.0010171	251.10	0.0010171	251.10
70	6.5629	2628.2	5.6202	2627.5	0.0010228	292.97	0.0010228	292.98
80	6.7589	2647.4	5.7888	2646.8	5.0611	2646.1	4.4952	2645.5
90	6.9545	2666.6	5.9568	2666.6	5.2086	2665.5	4.6266	2664.9

温度 t /℃	0.040MPa, t_s=75.886℃		0.044MPa, t_s=78.194℃		0.048MPa, t_s=80.332℃		0.055MPa, t_s=83.737℃	
	v'=0.0010265 v''=3.9934 /(m^3/kg)	h'=317.65 h''=2636.9 /(kJ/kg)	v=0.0010280 v''=3.6523 /(m^3/kg)	h'=327.34 h''=2640.7 /(kJ/kg)	v'=0.0010294 v''=3.3665 /(m^3/kg)	h'=336.31 h''=2644.3 /(kJ/kg)	v'=0.0010317 v''=2.9636 /(m^3/kg)	h'=350.61 h''=2649.9 /(kJ/kg)
0	0.0010002	0.00	0.0010002	0.00	0.0010002	0.01	0.0010002	0.01
10	0.0010002	42.03	0.0010002	42.04	0.0010002	42.04	0.0010002	42.05
20	0.0010017	83.90	0.0010017	83.90	0.0010017	83.90	0.0010017	83.91
30	0.0010043	125.70	0.0010043	125.70	0.0010043	125.70	0.0010043	125.71
40	0.0010078	167.48	0.0010078	167.48	0.0010078	167.49	0.0010078	167.49
50	0.0010121	209.28	0.0010121	209.28	0.0010121	209.29	0.0010121	209.29
60	0.0010171	251.11	0.0010171	251.11	0.0010171	251.11	0.0010171	251.12
70	0.0010228	292.98	0.0010228	292.98	0.0010228	292.99	0.0010272	292.99
80	4.0424	2644.9	3.6719	2644.3	0.0010292	334.92	0.0010292	334.92
90	4.1610	2664.4	3.7801	2663.8	3.4626	2663.3	3.0181	2662.3

温度 t /℃	0.065MPa, t_s=88.021℃		0.075MPa, t_s=91.785℃		0.085MPa, t_s=95.152℃		0.095MPa, t_s=98.204℃	
	v'=0.0010347 v''=2.5346 /(m^3/kg)	h'=368.62 h''=2656.9 /(kJ/kg)	v'=0.0010375 v''=2.2169 /(m^3/kg)	h'=384.45 h''=2663.0 /(kJ/kg)	v'=0.0010400 v''=1.9719 /(m^3/kg)	h'=398.63 h''=2668.4 /(kJ/kg)	v'=0.0010423 v''=1.7770 /(m^3/kg)	h'=411.49 h''=2673.2 /(kJ/kg)
0	0.0010002	0.02	0.0010002	0.03	0.0010002	0.04	0.0010002	0.05
10	0.0010002	42.06	0.0010002	42.07	0.0010002	42.08	0.0010002	42.09
20	0.0010017	83.92	0.0010017	83.93	0.0010017	83.94	0.0010017	83.95
30	0.0010043	125.72	0.0010043	125.73	0.0010043	125.74	0.0010043	125.75
40	0.0010078	167.50	0.0010078	167.51	0.0010078	167.52	0.0010078	167.53
50	0.0010121	209.30	0.0010121	209.31	0.0010121	209.32	0.0010121	209.33

续表

温度 t /℃	0.065MPa, t_s=88.021℃		0.075MPa, t_s=91.785℃		0.085MPa, t_s=95.152℃		0.095MPa, t_s=98.204℃	
	v'=0.0010347 v''=2.5346 /(m^3/kg)	h'=368.62 h''=2656.9 /(kJ/kg)	v'=0.0010375 v''=2.2169 /(m^3/kg)	h'=384.45 h''=2663.0 /(kJ/kg)	v'=0.0010400 v''=1.9719 /(m^3/kg)	h'=398.63 h''=2668.4 /(kJ/kg)	v'=0.0010423 v''=1.7770 /(m^3/kg)	h'=411.49 h''=2673.2 /(kJ/kg)
60	0.0010171	251.13	0.0010171	251.14	0.0010171	251.15	0.0010171	251.15
70	0.0010228	293.01	0.0010228	293.01	0.0010228	293.02	0.0010228	293.03
80	0.0010292	334.93	0.0010292	334.94	0.0010292	334.95	0.0010292	334.95
90	2.5492	2660.8	0.0010361	376.94	0.0010361	376.95	0.0010361	376.96
100			2.2698	2679.4	1.9996	2678.1	1.7862	2676.8
110			2.3339	2699.3	2.0564	2698.1	1.8374	2697.0
120			2.3976	2719.1	2.1129	2718.0	1.8882	2717.0
130			2.4611	2738.8	2.1692	2737.9	1.9387	2737.0
140			2.5243	2758.5	2.2252	2757.7	1.9890	2756.9

温度 t /℃	0.10MPa, t_s=99.632℃		0.12MPa, t_s=104.808℃		0.14MPa, t_s=109.315℃		0.16MPa, t_s=113.320℃	
	v'=0.0010434 v''=1.6937 /(m^3/kg)	h'=417.51 h''=2675.4 /(kJ/kg)	v'=0.0010476 v''=1.4281 /(m^3/kg)	h'=439.36 h''=2683.4 /(kJ/kg)	v'=0.0010513 v''=1.2363 /(m^3/kg)	h'=458.42 h''=2690.3 /(kJ/kg)	v'=0.0010547 v''=1.0911 /(m^3/kg)	h'=475.38 h''=2696.2 /(kJ/kg)
0	0.0010002	0.06	0.0010002	0.08	0.0010002	0.10	0.0010001	0.12
10	0.0010002	42.09	0.0010002	42.11	0.0010002	42.13	0.0010002	42.15
20	0.0010017	83.95	0.0010017	83.97	0.0010017	83.99	0.0010017	84.01
30	0.0010043	125.75	0.0010043	125.77	0.0010042	125.79	0.0010042	125.81
40	0.0010078	167.53	0.0010078	167.55	0.0010078	167.57	0.0010077	167.59
50	0.0010121	209.33	0.0010121	209.35	0.0010121	209.37	0.0010120	209.38
60	0.0010171	251.16	0.0010171	251.18	0.0010171	251.19	0.0010171	251.21
70	0.0010228	293.03	0.0010228	293.05	0.0010228	293.06	0.0010228	293.08
80	0.0010292	334.96	0.0010292	334.97	0.0010291	334.99	0.0010291	335.01
90	0.0010361	376.96	0.0010361	376.98	0.0010361	376.99	0.0010361	377.01
100	1.6955	2676.2	0.0010437	419.08	0.0010437	419.09	0.0010437	419.11
110	1.7443	2696.4	1.4494	2694.1	1.2388	2691.7	0.0010519	461.33
120	1.7927	2716.5	1.4901	2714.4	1.274.0	2712.3	1.1119	2710.1
130	1.8408	2736.5	1.5306	2734.6	1.309.0	2732.7	1.1428	2730.8
140	1.8886	2756.4	1.5708	2754.7	1.3437	2753	1.1734	2751.3
150	1.9363	2776.3	1.6107	2774.8	1.3782	2773.2	1.2038	2771.7
160	1.9838	2796.2	1.6505	2794.8	1.4125	2793.4	1.2340	2792.0
170	2.0311	2816.0	1.6902	2814.7	1.4467	2813.4	1.2640	2812.2
180	2.0783	2835.8	1.7297	2834.6	1.4807	2833.5	1.2939	2832.3
190	2.1254	2855.6	1.7691	2854.5	1.5146	2853.5	1.3237	2852.4
200	2.1723	2875.4	1.8084	2874.4	1.5484	2873.4	1.3534	2872.4
210	2.2192	2895.2	1.8476	2894.3	1.5821	2893.4	1.3830	2892.5
220	2.2660	2915.0	1.8867	2914.1	1.6157	2913.3	1.4125	2912.5
230	2.3128	2934.8	1.9257	2934.0	1.6493	2933.3	1.4420	2932.5
240	2.3595	2954.6	1.9647	2953.9	1.6828	2953.2	1.4713	2952.5
250	2.4061	2974.5	2.0037	2973.9	1.7163	2973.2	1.5007	2972.5
260	2.4527	2994.4	2.0426	2993.8	1.7497	2993.2	1.5300	2992.6
270	2.4993	3014.4	2.0815	3013.8	1.7831	3013.2	1.5592	3012.7
280	2.5458	3034.4	2.1203	3033.8	1.8164	3033.3	1.5885	3032.7
290	2.5923	3054.4	2.1591	3053.9	1.8497	3053.4	1.6176	3052.9
300	2.6387	3074.5	2.1979	3074.0	1.883.0	3073.5	1.6468	3073.0
310	2.6852	3094.6	2.2366	3094.1	1.9163	3093.7	1.6760	3093.2
320	2.7316	3114.8	2.2754	3114.3	1.9495	3113.9	1.7051	3113.5
330	2.7780	3135.0	2.3141	3134.6	1.9827	3134.2	1.7342	3133.8
340	2.8244	3155.3	2.3528	3154.9	2.0159	3154.5	1.7633	3154.1

续表

温度 t /℃	0.18MPa, t_s=116.933℃		0.20MPa, t_s=120.231℃		0.22MPa, t_s=123.270℃		0.24MPa, t_s=126.091℃	
	v'=0.0010379 v''=0.9772 /(m^3/kg)	h'=490.70 h''=2701.5 /(kJ/kg)	v'=0.0010608 v''=0.88544 /(m^3/kg)	h'=504.70 h''=2706.3 /(kJ/kg)	v'=0.0010636 v''=0.80984 /(m^3/kg)	h'=517.62 h''=2710.6 /(kJ/kg)	v'=0.0010663 v''=0.74645 /(m^3/kg)	h'=529.63 h''=2714.5 /(kJ/kg)
0	0.0010001	0.14	0.0010001	0.16	0.0010001	0.18	0.0010001	0.20
10	0.0010002	42.17	0.0010002	42.19	0.0010001	42.21	0.0010001	42.23
20	0.0010016	84.03	0.0010016	84.05	0.0010016	84.07	0.0010016	84.09
30	0.0010042	125.82	0.0010042	125.84	0.0010042	125.86	0.0010042	125.88
40	0.0010077	167.60	0.0010077	167.62	0.0010077	167.64	0.0010077	167.66
50	0.0010120	209.40	0.001012	209.42	0.0010120	209.43	0.001012	209.45
60	0.0010171	251.23	0.0010171	251.24	0.0010171	251.26	0.001017	251.28
70	0.0010228	293.09	0.0010228	293.11	0.0010228	293.13	0.0010228	293.14
80	0.0010291	335.02	0.0010291	335.04	0.0010291	335.05	0.0010291	335.07
90	0.0010361	377.03	0.0010361	377.04	0.0010361	377.06	0.0010361	377.07
100	0.0010437	419.12	0.0010437	419.14	0.0010436	419.15	0.0010436	419.17
110	0.0010518	461.34	0.0010518	461.36	0.0010518	461.37	0.0010518	461.39
120	0.9858	2708.0	0.0010606	503.72	0.0010606	503.73	0.0010606	503.75
130	1.0135	2728.9	0.91000	2726.9	0.82533	2724.9	0.75476	2722.9
140	1.0409	2749.6	0.93488	2747.8	0.84814	2746.0	0.77583	2744.2
150	1.0681	2770.1	0.95954	2768.5	0.87071	2766.9	0.79667	2765.3
160	1.0951	2790.5	0.98400	2789.1	0.89309	2787.7	0.81731	2786.2
170	1.1220	2810.9	1.00830	2809.6	0.91529	2808.3	0.83778	2807.0
180	1.1487	2831.1	1.03245	2830.0	0.93736	2828.8	0.85810	2827.6
190	1.1753	2851.3	1.05648	2850.3	0.95929	2849.2	0.87830	2848.1
200	1.2017	2871.5	1.08040	2870.5	0.98113	2869.5	0.89839	2868.5
210	1.2281	2891.6	1.10424	2890.7	1.00286	2889.8	0.91838	2888.9
220	1.2544	2911.7	1.12799	2910.8	1.02452	2910.0	0.93830	2909.2
230	1.2807	2931.7	1.15167	2931.0	1.04611	2930.2	0.95814	2929.4
240	1.3069	2951.8	1.17530	2951.1	1.06764	2950.4	0.97793	2949.7
250	1.3330	2971.9	1.19887	2971.2	1.08912	2970.6	0.99766	2969.9
260	1.3591	2992.0	1.22240	2991.4	1.11055	2990.7	1.01734	2990.1
270	1.3852	3012.1	1.24589	3011.5	1.13194	3010.9	1.03699	3010.3
280	1.4112	3032.2	1.26934	3031.7	1.15330	3031.1	1.05660	3030.6
290	1.4372	3052.4	1.29277	3051.9	1.17463	3051.3	1.07618	3050.8
300	1.4631	3072.6	1.31616	3072.1	1.19593	3071.6	1.09573	3071.1
310	1.4801	3092.8	1.33954	3092.3	1.21720	3091.9	1.11526	3091.4
320	1.5150	3113.1	1.36289	3112.6	1.23846	3112.2	1.13477	3111.8
330	1.5409	3133.4	1.38622	3133.0	1.25969	3132.5	1.15425	3132.1
340	1.5667	3153.7	1.40954	3153.3	1.28091	3152.9	1.17372	3152.6

温度 t /℃	0.26MPa, t_s=128.727℃		0.28MPa, t_s=131.203℃		0.30MPa, t_s=133.540℃		0.34MPa, t_s=137.858℃	
	v'=0.0010688 v''=0.69251 /(m^3/kg)	h'=540.87 h''=2718.2 /(kJ/kg)	v'=0.0010712 v''=0.64604 /(m^3/kg)	h'=551.44 h''=2721.5 /(kJ/kg)	v'=0.0010735 v''=0.60556 /(m^3/kg)	h'=561.43 h''=2724.7 /(kJ/kg)	v'=0.0010779 v''=0.53846 /(m^3/kg)	h'=579.92 h''=2730.3 /(kJ/kg)
0	0.0010001	0.22	0.0010001	0.24	0.0010001	0.26	0.0010001	0.31
10	0.0010001	42.25	0.0010001	42.27	0.0010001	42.29	0.0010001	42.32
20	0.0010016	84.10	0.0010016	84.12	0.0010016	84.14	0.0010016	84.18
30	0.0010042	125.90	0.0010042	125.91	0.0010042	125.93	0.0010042	125.97
40	0.0010077	167.68	0.0010077	167.69	0.0010077	167.71	0.0010077	167.75
50	0.0010120	209.47	0.001012	209.49	0.0010120	209.50	0.0010120	209.54
60	0.0010170	251.29	0.001017	251.31	0.0010170	251.33	0.0010170	251.36
70	0.0010227	293.16	0.0010227	293.18	0.0010227	293.19	0.0010227	293.22

续表

温度 t /℃	0.26MPa, t_s=128.727℃		0.28MPa, t_s=131.203℃		0.30MPa, t_s=133.540℃		0.34MPa, t_s=137.858℃	
	v'=0.0010688 v''=0.69251 /(m³/kg)	h'=540.87 h''=2718.2 /(kJ/kg)	v'=0.0010712 v''=0.64604 /(m³/kg)	h'=551.44 h''=2721.5 /(kJ/kg)	v'=0.0010735 v''=0.60556 /(m³/kg)	h'=561.43 h''=2724.7 /(kJ/kg)	v'=0.0010779 v''=0.53846 /(m³/kg)	h'=579.92 h''=2730.3 /(kJ/kg)
80	0.0010291	335.09	0.0010291	335.10	0.0010291	335.12	0.0010291	335.15
90	0.0010361	377.09	0.001036	377.10	0.0010360	377.12	0.0010360	377.15
100	0.0010436	419.18	0.0010436	419.20	0.0010436	419.21	0.0010436	419.24
110	0.0010518	461.40	0.0010518	461.42	0.0010518	461.43	0.0010518	461.46
120	0.0010606	503.76	0.0010606	503.78	0.0010606	503.79	0.0010605	503.82
130	0.69503	2720.9	0.00107	546.31	0.00107	546.33	0.00107	546.35
140	0.71464	2742.4	0.66218	2740.6	0.61670	2738.8	0.54176	2735.1
150	0.73402	2763.7	0.68030	2762.1	0.63374	2760.4	0.55702	2757.1
160	0.75319	2784.8	0.69822	2783.3	0.65057	2781.8	0.57207	2778.8
170	0.77219	2805.6	0.71596	2804.3	0.66722	2803.0	0.58693	2800.3
180	0.79104	2826.4	0.73355	2825.2	0.68372	2824.0	0.60164	2821.5
190	0.80976	2847.0	0.75101	2845.9	0.70009	2844.8	0.61621	2842.6
200	0.82838	2867.5	0.76837	2866.5	0.71635	2865.5	0.63067	2863.5
210	0.8469	2887.9	0.78562	2887.0	0.73251	2886.1	0.64503	2884.2
220	0.86534	2908.3	0.80280	2907.5	0.74859	2906.6	0.65931	2904.9
230	0.88371	2928.7	0.81990	2927.9	0.76460	2927.1	0.67351	2925.5
240	0.90201	2948.9	0.83694	2948.2	0.79644	2947.5	0.68765	2946.1
250	0.92027	2969.2	0.85393	2968.6	0.79644	2967.9	0.70174	2966.5
260	0.93847	2989.5	0.87087	2988.9	0.81228	2988.2	0.71577	2987.0
270	0.95664	3009.8	0.88777	3009.2	0.82808	3008.6	0.72977	3007.4
280	0.97477	3030.0	0.90464	3029.5	0.84385	3028.9	0.74373	3027.8
290	0.99287	3050.3	0.92147	3049.8	0.85959	3049.3	0.75766	3048.3
300	1.01095	3070.6	0.93828	3070.1	0.87529	3069.7	0.77156	3068.7
310	1.02900	3091.0	0.95506	3090.5	0.89098	3090.0	0.78543	3089.1
320	1.04702	3111.3	0.97182	3110.9	0.90664	3110.5	0.79928	3109.6
330	1.06503	3131.7	0.98856	3131.3	0.92228	3130.9	0.81312	3130.1
340	1.08303	3152.2	1.00528	3151.8	0.93791	3151.4	0.82693	3150.6

温度 t /℃	0.38MPa, t_s=141.784℃		0.42MPa, t_s=145.390℃		0.46MPa, t_s=148.729℃		0.50MPa, t_s=151.844℃	
	v'=0.0010819 v''=0.48505 /(m³/kg)	h'=596.76 h''=2735.3 /(kJ/kg)	v'=0.0010858 v''=0.44150 /(m³/kg)	h'=612.27 h''=2739.8 /(kJ/kg)	v'=0.0010894 v''=0.40528 /(m³/kg)	h'=626.67 h''=2743.9 /(kJ/kg)	v'=0.0010928 v''=0.37468 /(m³/kg)	h'=640.12 h''=2747.5 /(kJ/kg)
0	0.0010000	0.35	0.0010000	0.39	0.0010000	0.43	0.0010000	0.47
10	0.0010001	42.36	0.0010001	42.40	0.0010000	42.44	0.0010000	42.48
20	0.0010016	84.22	0.0010015	84.25	0.0010015	84.29	0.0010015	84.33
30	0.0010041	126.01	0.0010041	126.04	0.0010041	126.08	0.0010041	126.12
40	0.0010076	167.78	0.0010076	167.82	0.0010076	167.85	0.0010076	167.89
50	0.0010119	209.57	0.0010119	209.61	0.0010119	209.64	0.0010119	209.68
60	0.0010170	251.39	0.0010170	251.43	0.0010169	251.46	0.0010169	251.49
70	0.0010227	293.26	0.0010227	293.29	0.0010226	293.32	0.0010226	293.36
80	0.0010290	335.18	0.0010290	335.21	0.0010290	335.24	0.0010290	335.28
90	0.0010360	377.18	0.0010360	377.21	0.0010360	377.24	0.0010359	377.27
100	0.0010436	419.27	0.0010435	419.30	0.0010435	419.33	0.0010435	419.36
110	0.0010517	461.49	0.0010517	461.52	0.0010517	461.55	0.0010517	461.57
120	0.0010605	503.85	0.0010605	503.88	0.0010605	503.90	0.0010605	503.93
130	0.0010700	546.38	0.0010699	546.41	0.0010699	546.43	0.0010699	546.46
140	0.0010800	589.12	0.0010800	589.14	0.0010800	589.17	0.0010800	589.20
150	0.49642	2753.7	0.44734	2750.3	0.40677	2746.8	0.0010908	632.16

续表

温度 t /℃	0.38MPa, t_s=141.784℃		0.42MPa, t_s=145.390℃		0.46MPa, t_s=148.729℃		0.50MPa, t_s=151.844℃	
	v'=0.0010819	h'=596.76	v'=0.0010858	h'=612.27	v'=0.0010894	h'=626.67	v'=0.0010928	h'=640.12
	v''=0.48505	h''=2735.3	v''=0.44150	h''=2739.8	v''=0.40528	h''=2743.9	v''=0.37468	h''=2747.5
	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)
160	0.51007	2775.8	0.45985	2772.7	0.41835	2769.5	0.38347	2766.4
170	0.52352	2797.5	0.47217	2794.7	0.42974	2791.9	0.39408	2789.1
180	0.53682	2819.0	0.48433	2816.5	0.44096	2814.0	0.40451	2811.4
190	0.54998	2840.3	0.49635	2838.0	0.45203	2835.7	0.41480	2833.4
200	0.56302	2861.4	0.50824	2859.3	0.46298	2857.2	0.42496	2855.1
210	0.57596	2882.4	0.52004	2880.5	0.47383	2878.6	0.43501	2876.6
220	0.58882	2903.2	0.53174	2901.5	0.48459	2899.7	0.44497	2898.0
230	0.60160	2923.9	0.54337	2922.3	0.49527	2920.7	0.45486	2919.1
240	0.61431	2944.6	0.55494	2943.1	0.50588	2941.6	0.46467	2940.1
250	0.62697	2965.2	0.56644	2963.8	0.51644	2962.4	0.47443	2961.1
260	0.63958	2985.7	0.57790	2984.5	0.52694	2983.2	0.48414	2981.9
270	0.65215	3006.2	0.58932	3005.1	0.53741	3003.9	0.49380	3002.7
280	0.66469	3026.7	0.60070	3025.6	0.54783	3024.5	0.50343	3023.4
290	0.67719	3047.2	0.61204	3046.2	0.55822	3045.1	0.51302	3044.1
300	0.68966	3067.7	0.62336	3066.7	0.56859	3065.7	0.52258	3064.8
310	0.70211	3088.2	0.63465	3087.3	0.57892	3086.3	0.53211	3085.4
320	0.71453	3108.7	0.64592	3107.8	0.58924	3107.0	0.54163	3106.1
330	0.72694	3129.2	0.65717	3128.4	0.59953	3127.6	0.55112	3126.7
340	0.73932	3149.8	0.66840	3149.0	0.60981	3148.2	0.56060	3147.4

温度 t /℃	0.60MPa, t_s=158.838℃		0.70MPa, t_s=164.956℃		0.80MPa, t_s=170.415℃		0.90MPa, t_s=175.358℃	
	v'=0.0011009	h'=670.42	v'=0.0011082	h'=697.06	v'=0.0011150	h'=720.94	v'=0.0011213	h'=742.64
	v''=0.31547	h''=2755.5	v''=0.27268	h''=2762.0	v''=0.24026	h''=2767.5	v''=0.21481	h''=2772.1
	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)
0	0.0009999	0.57	0.0009999	0.67	0.0009998	0.78	0.0009998	0.88
10	0.0010000	42.58	0.0009999	42.68	0.0009999	42.77	0.0009998	42.87
20	0.0010015	84.42	0.0010014	84.52	0.0010014	84.61	0.0010013	84.71
30	0.0010040	126.21	0.0010040	126.30	0.0010040	126.39	0.0010039	126.48
40	0.0010075	167.98	0.0010075	168.07	0.0010075	168.15	0.0010074	168.24
50	0.0010119	209.76	0.0010118	209.85	0.0010118	209.93	0.0010117	210.02
60	0.0010169	251.58	0.0010168	251.66	0.0010168	251.74	0.0010167	251.83
70	0.0010226	293.44	0.0010225	293.52	0.0010225	293.60	0.0010224	293.68
80	0.0010289	335.36	0.0010289	335.43	0.0010288	335.51	0.0010288	335.59
90	0.0010359	377.35	0.0010358	377.43	0.0010358	377.50	0.0010357	377.58
100	0.0010434	419.44	0.0010434	419.51	0.0010433	419.59	0.0010433	419.66
110	0.0010516	461.65	0.0010516	461.72	0.0010515	461.79	0.0010514	461.87
120	0.0010604	504.00	0.0010603	504.07	0.0010603	504.14	0.0010602	504.21
130	0.0010698	546.53	0.0010698	546.60	0.0010697	546.66	0.0010696	546.73
140	0.0010799	589.26	0.0010798	589.33	0.0010798	589.39	0.0010797	589.46
150	0.0010907	632.23	0.0010906	632.29	0.0010906	632.35	0.0010905	632.41
160	0.31655	2758.2	0.0011022	675.52	0.0011021	675.58	0.001102	675.64
170	0.32567	2781.8	0.27673	2774.2	0.0011144	719.12	0.0011144	719.18
180	0.33461	2804.8	0.28461	2798.0	0.24706	2791.1	0.21781	2783.9
190	0.34339	2827.5	0.29234	2821.4	0.25400	2815.1	0.22414	2808.6
200	0.35204	2849.7	0.29992	2844.2	0.26079	2838.6	0.23032	2832.7
210	0.36058	2871.7	0.30738	2866.7	0.26746	2861.6	0.23637	2856.3
220	0.36903	2893.5	0.31475	2888.9	0.27402	2884.2	0.24231	2879.5
230	0.37739	2915.0	0.32203	2910.8	0.28049	2906.6	0.24816	2902.2

续表

温	0.60MPa, t_s=158.838℃		0.70MPa, t_s=164.956℃		0.80MPa, t_s=170.415℃		0.90MPa, t_s=175.358℃	
度	v'=0.0011009	h'=670.42	v'=0.0011082	h'=697.06	v'=0.0011150	h'=720.94	v'=0.0011213	h'=742.64
t	v''=0.31547	h''=2755.5	v''=0.27268	h''=2762.0	v''=0.24026	h''=2767.5	v''=0.21481	h''=2772.1
/℃	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)
240	0.38568	2936.4	0.32923	2932.5	0.28688	2928.6	0.25393	2924.6
250	0.39391	2957.6	0.33637	2954.0	0.29321	2950.4	0.25963	2946.8
260	0.40208	2978.7	0.34346	2975.4	0.29948	2972.1	0.26527	2968.7
270	0.41021	2999.7	0.35050	2996.6	0.30571	2993.5	0.27086	2990.4
280	0.41831	3020.6	0.35750	3017.7	0.31189	3014.9	0.27640	3012.0
290	0.42636	3041.5	0.36446	3038.8	0.31803	3036.1	0.28191	3033.4
300	0.43439	3062.3	0.37139	3059.8	0.32414	3057.3	0.28739	3054.7
310	0.44239	3083.1	0.37830	3080.7	0.33023	3078.3	0.29283	3076.0
320	0.45037	3103.9	0.38518	3101.6	0.33629	3099.4	0.29825	3097.1
330	0.45832	3124.6	0.39204	3122.5	0.34232	3120.4	0.30365	3118.3
340	0.46626	3145.4	0.39888	3143.4	0.34834	3141.4	0.30903	3139.4

温	1.00MPa, t_s=179.884℃		1.10MPa, t_s=184.067℃		1.20MPa, t_s=187.961℃		1.30MPa, t_s=191.609℃	
度	v'=0.0011274	h'=762.61	v'=0.0011331	h'=781.13	v'=0.001138	h'=798.43	v'=0.0011438	h'=814.70
t	v''=0.19429	h''=2776.2	v''=0.17738	h''=2779.7	v''=0.16320	h''=2782.7	v''=0.15113	h''=2785.4
/℃	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)	/(m^3/kg)	/(kJ/kg)
0	0.0009997	0.98	0.0009997	1.08	0.0009996	1.18	0.0009996	1.29
10	0.0009998	42.97	0.0009997	43.07	0.0009997	43.16	0.0009996	43.26
20	0.0010013	84.80	0.0010012	84.89	0.0010012	84.99	0.0010011	85.08
30	0.0010039	126.57	0.0010038	126.66	0.0010038	126.75	0.0010037	126.84
40	0.0010074	168.33	0.0010073	168.42	0.0010073	168.51	0.0010072	168.60
50	0.0010117	210.11	0.0010116	210.19	0.0010116	210.28	0.0010115	210.36
60	0.0010167	251.91	0.0010167	252.00	0.0010166	252.08	0.0010166	252.16
70	0.0010224	293.76	0.0010223	293.84	0.0010223	293.93	0.0010223	294.01
80	0.0010287	335.67	0.0010287	335.75	0.0010286	335.83	0.0010286	335.91
90	0.0010357	377.66	0.0010356	377.74	0.0010356	377.81	0.0010355	377.89
100	0.0010432	419.74	0.0010432	419.81	0.0010431	419.89	0.0010431	419.96
110	0.0010514	461.94	0.0010513	462.01	0.0010513	462.08	0.0010512	462.16
120	0.0010602	504.28	0.0010601	504.35	0.0010601	504.42	0.0010600	504.49
130	0.0010696	546.80	0.0010695	546.87	0.0010695	546.94	0.0010694	547.00
140	0.0010796	589.52	0.0010796	589.59	0.0010795	589.65	0.0010794	589.72
150	0.0010904	632.47	0.0010903	632.54	0.0010903	632.60	0.0010902	632.66
160	0.0011019	675.70	0.0011019	675.76	0.0011018	675.82	0.0011017	675.87
170	0.0011143	719.23	0.0011142	719.29	0.0011141	719.34	0.0011140	719.40
180	0.19436	2776.5	0.0011274	763.17	0.0011274	763.22	0.0011273	763.27
190	0.20022	2802.0	0.18061	2795.2	0.16424	2788.2	0.0011415	807.54
200	0.20592	2826.8	0.18592	2820.7	0.16923	2814.4	0.15509	2808.0
210	0.21148	2851.0	0.19109	2845.5	0.17408	2839.8	0.15966	2834.1
220	0.21693	2874.6	0.19614	2869.6	0.17880	2864.5	0.16411	2859.3
230	0.22228	2897.8	0.20109	2893.2	0.18342	2888.6	0.16845	2883.9
240	0.22755	2920.6	0.20596	2916.4	0.18795	2912.2	0.17270	2908.0
250	0.23275	2943.0	0.21075	2939.3	0.1924	2935.4	0.17687	2931.5
260	0.23789	2965.2	0.21547	2961.8	0.19679	2958.2	0.18097	2954.7
270	0.24297	2987.2	0.22015	2984.0	0.20112	2980.8	0.18301	2977.5
280	0.24801	3009.0	0.22477	3006.0	0.20540	3003.0	0.18901	3000.0
290	0.25301	3030.6	0.22936	3027.9	0.20964	3025.1	0.19296	3022.2
300	0.25798	3052.1	0.23391	3049.6	0.21385	3046.9	0.19687	3044.3
310	0.26291	3073.5	0.23843	3071.1	0.21803	3068.7	0.20076	3066.2

续表

温度 t /℃	1.00MPa, t_s=179.884℃		1.10MPa, t_s=184.067℃		1.20MPa, t_s=187.961℃		1.30MPa, t_s=191.609℃	
	v'=0.0011274 v''=0.19429 /(m³/kg)	h'=762.61 h''=2776.2 /(kJ/kg)	v'=0.0011331 v''=0.17738 /(m³/kg)	h'=781.13 h''=2779.7 /(kJ/kg)	v'=0.001138 v''=0.16320 /(m³/kg)	h'=798.43 h''=2782.7 /(kJ/kg)	v'=0.0011438 v''=0.15113 /(m³/kg)	h'=814.70 h''=2785.4 /(kJ/kg)
320	0.26782	3094.9	0.24293	3092.6	0.22217	3090.3	0.20461	3088.0
330	0.27271	3116.1	0.24740	3114.0	0.22630	3111.8	0.20844	3109.6
340	0.27758	3137.4	0.25185	3135.3	0.23040	3133.2	0.21225	3131.2
350			0.25628	3156.6	0.23449	3154.6	0.21605	3152.7
360			0.26070	3177.9	0.23856	3176.0	0.21982	3174.1
370			0.26510	3199.1	0.24261	3197.3	0.22358	3195.6
380			0.26949	3220.3	0.24665	3218.7	0.22733	3217.0
390			0.27387	3241.6	0.25068	3240.0	0.23106	3238.3
400			0.27824	3262.9	0.25470	3261.3	0.23479	3259.7
410			0.28260	3284.1	0.25872	3282.6	0.23850	3281.1
420			0.28695	3305.4	0.26272	3304.0	0.24221	3302.5
430			0.29130	3326.8	0.26671	3325.4	0.24591	3324.0
440			0.29563	3348.1	0.27070	3346.8	0.2496.0	3345.4

温度 t /℃	1.40MPa, t_s=195.042℃		1.50MPa, t_s=198.289℃		1.60MPa, t_s=201.372℃		1.70MPa, t_s=204.307℃	
	v'=0.0011489 v''=0.14072 /(m³/kg)	h'=830.07 h''=2787.8 /(kJ/kg)	v'=0.0011539 v''=0.13166 /(m³/kg)	h'=844.67 h''=2789.9 /(kJ/kg)	v'=0.0011586 v''=0.12269 /(m³/kg)	h'=858.56 h''=27917 /(kJ/kg)	v'=0.0011633 v''=0.11662 /(m³/kg)	h'=871.84 h''=2793.4 /(kJ/kg)
0	0.0009995	1.39	0.0009995	1.49	0.0009994	1.59	0.0009994	1.70
10	0.0009996	43.36	0.0009995	43.46	0.0009995	43.55	0.0009995	43.65
20	0.0010011	85.18	0.0010010	85.27	0.0010010	85.36	0.0010010	85.46
30	0.0010037	126.93	0.0010036	127.03	0.0010036	127.12	0.0010036	127.21
40	0.0010072	168.68	0.0010071	168.77	0.0010071	168.86	0.0010071	168.95
50	0.0010115	210.45	0.0010114	210.54	0.0010114	210.62	0.0010114	210.71
60	0.0010165	252.25	0.0010165	252.33	0.0010164	252.42	0.0010164	252.50
70	0.0010222	294.09	0.0010222	294.17	0.0010221	294.25	0.0010221	294.33
80	0.0010285	335.99	0.0010285	336.07	0.0010284	336.15	0.0010284	336.23
90	0.0010355	377.97	0.0010354	378.04	0.0010354	378.12	0.0010353	378.20
100	0.0010430	420.04	0.0010430	420.11	0.0010429	420.19	0.0010429	420.26
110	0.0010512	462.23	0.0010511	462.30	0.0010511	462.37	0.0010510	462.45
120	0.0010599	504.56	0.0010599	504.63	0.0010598	504.70	0.0010598	504.78
130	0.0010693	547.07	0.0010693	547.14	0.0010692	547.21	0.0010691	547.27
140	0.0010794	589.78	0.0010793	589.84	0.0010793	589.91	0.0010792	589.97
150	0.0010901	632.72	0.0010901	632.78	0.0010900	632.85	0.0010899	632.91
160	0.0011016	675.93	0.0011016	675.99	0.0011015	676.05	0.0011014	676.11
170	0.0011140	719.45	0.0011139	719.51	0.0011138	719.56	0.0011137	719.62
180	0.0011272	763.32	0.0011271	763.37	0.0011270	763.42	0.0011269	763.47
190	0.0011414	807.58	0.0011413	807.63	0.0011412	807.68	0.0011411	807.72
200	0.14294	2801.4	0.13238	2794.7	0.0011564	852.39	0.0011563	852.43
210	0.14729	2828.2	0.13654	2822.2	0.12712	2816.0	0.11880	2809.7
220	0.15151	28540	0.14056	2848.6	0.13098	2843.1	0.12250	2837.5
230	0.15561	2879.1	0.14447	2874.3	0.13470	2869.3	0.12609	2864.2
240	0.15962	2903.6	0.14827	2899.2	0.13833	2894.7	0.12955	2890.1
250	0.16355	2927.6	0.15199	2923.5	0.14197	2919.4	0.13294	2915.3
260	0.16740	2951.0	0.15564	2947.3	0.14534	2943.6	0.13624	2939.8
270	0.17120	2974.1	0.15923	2970.7	0.14874	2967.3	0.13949	2963.8
280	0.17495	2996.9	0.16276	2993.7	0.15209	2990.6	0.14267	2987.4
290	0.17865	3019.4	0.16625	3016.5	0.15539	3013.5	0.14581	3010.0

续表

温度 t /℃	1.40MPa, t_s=195.042℃		1.50MPa, t_s=198.289℃		1.60MPa, t_s=201.372℃		1.70MPa, t_s=204.307℃	
	v'=0.0011489 v''=0.14072 /(m^3/kg)	h'=830.07 h''=2787.8 /(kJ/kg)	v'=0.0011539 v''=0.13166 /(m^3/kg)	h'=844.67 h''=2789.9 /(kJ/kg)	v'=0.0011586 v''=0.12269 /(m^3/kg)	h'=858.56 h''=27917 /(kJ/kg)	v'=0.0011633 v''=0.11662 /(m^3/kg)	h'=871.84 h''=2793.4 /(kJ/kg)
300	0.18232	3041.6	0.16970	3038.9	0.15866	3036.2	0.14891	3033.5
310	0.18595	3063.7	0.17312	3061.2	0.16189	3058.6	0.15197	3056.1
320	0.18956	3085.6	0.17651	3083.3	0.16509	3080.9	0.15501	3078.5
330	0.19314	3107.4	0.17987	3105.2	0.16826	3102.9	0.15801	3100.7
340	0.19670	3129.1	0.18321	3127.0	0.17141	3124.9	0.16100	3122.8
350	0.20024	3150.7	0.18653	3148.7	0.17454	3146.7	0.16396	3144.7
360	0.20376	3172.3	0.18984	3170.4	0.17766	3168.5	0.16691	3166.6
370	0.20727	3193.8	0.19313	3192.0	0.18075	3190.2	0.16984	3188.4
380	0.21076	3215.3	0.19640	3213.5	0.18384	3211.8	0.17275	3210.1
390	0.21424	3236.7	0.19917	3235.1	0.18691	3233.4	0.17565	3231.8
400	0.21772	3258.2	0.20292	3256.6	0.18997	3255.0	0.17855	3253.5
410	0.22118	3279.6	0.20616	3278.1	0.19302	3276.6	0.18143	3275.1
420	0.22463	3301.1	0.20940	3299.7	0.19606	3298.2	0.18430	3296.8
430	0.22808	3322.6	0.21262	3321.2	0.19910	3319.8	0.18717	3318.4
440	0.23151	3344.1	0.21584	3342.8	0.20213	3341.4	0.19002	3340.1

温度 t /℃	1.80MPa, t_s=207.111℃		1.90MPa, t_s=209.797℃		2.0MPa, t_s=212.375℃		2.2MPa, t_s=217.244℃	
	v'=0.0011678 v''=0.11032 /(m^3/kg)	h'=884.57 h''=2794.8 /(kJ/kg)	v'=0.0011723 v''=0.10465 /(m^3/kg)	h'=896.81 h''=2796.1 /(kJ/kg)	v'=0.0011766 v''=0.099536 /(m^3/kg)	h'=908.59 h''=2797.2 /(kJ/kg)	v'=0.0011850 v''=0.090652 /(m^3/kg)	h'=930.95 h''=2799.1 /(kJ/kg)
0	0.0009993	1.80	0.0009993	1.90	0.0009992	2.00	0.0009991	2.21
10	0.0009994	43.75	0.0009994	43.85	0.0009993	43.94	0.0009992	44.14
20	0.0010009	85.55	0.0010009	85.65	0.0010008	85.74	0.0010007	85.93
30	0.0010035	127.30	0.0010035	127.39	0.0010034	127.48	0.0010033	127.66
40	0.0010070	169.04	0.0010070	169.13	0.0010069	169.21	0.0010068	169.39
50	0.0010113	210.79	0.0010113	210.88	0.0010112	210.97	0.0010111	211.14
60	0.0010163	252.58	0.0010163	252.67	0.0010162	252.75	0.0010161	252.92
70	0.0010220	294.42	0.0010220	294.50	0.0010219	294.58	0.0010218	294.74
80	0.0010283	336.31	0.0010283	336.39	0.0010282	336.47	0.0010282	336.63
90	0.0010353	378.28	0.0010352	378.35	0.0010352	378.43	0.0010351	378.59
100	0.0010428	420.34	0.0010428	420.41	0.0010427	420.49	0.0010426	420.64
110	0.0010510	462.52	0.0010509	462.59	0.0010508	462.67	0.0010507	462.81
120	0.0010597	504.85	0.0010596	504.92	0.0010596	504.99	0.0010595	505.13
130	0.0010691	547.34	0.0010690	547.41	0.0010690	547.48	0.0010688	547.61
140	0.0010791	590.04	0.0010791	590.11	0.0010790	590.17	0.0010789	590.30
150	0.0010899	632.97	0.0010898	633.03	0.0010897	633.09	0.0010896	633.22
160	0.0011013	676.17	0.0011013	676.23	0.0011012	676.28	0.0011011	676.40
170	0.0011136	719.67	0.0011136	719.73	0.0011135	719.78	0.0011133	719.89
180	0.0011268	763.52	0.0011267	763.57	0.0011267	763.62	0.0011265	763.73
190	0.001141	807.77	0.0011409	807.81	0.0011408	807.86	0.0011406	807.95
200	0.0011562	852.47	0.0011561	852.51	0.0011560	852.55	0.0011558	852.63
210	0.11138	2803.3	0.10473	2796.7	0.0011725	897.77	0.0011723	897.84
220	0.11496	2831.7	0.10819	2825.9	0.102091	2819.9	0.091520	2807.5
230	0.11840	2859.1	0.11152	2853.8	0.105321	2848.4	0.094581	2837.4
240	0.12174	2885.4	0.11474	2880.7	0.108434	2875.9	0.097517	2866.0
250	0.12499	2911.0	0.11787	2906.7	0.111449	2902.4	0.100349	2893.4
260	0.12815	2935.9	0.12091	2932.0	0.114381	2928.1	0.103093	2920.0
270	0.13125	2960.3	0.12388	2956.7	0.117243	2953.1	0.105763	2945.7

续表

温度 t /℃	1.80MPa, t_s=207.111℃		1.90MPa, t_s=209.797℃		2.0MPa, t_s=212.375℃		2.2MPa, t_s=217.244℃	
	v'=0.0011678 v''=0.11032 /(m³/kg)	h'=884.57 h''=2794.8 /(kJ/kg)	v'=0.0011723 v''=0.10465 /(m³/kg)	h'=896.81 h''=2796.1 /(kJ/kg)	v'=0.0011766 v''=0.099536 /(m³/kg)	h'=908.59 h''=2797.2 /(kJ/kg)	v'=0.0011850 v''=0.090652 /(m³/kg)	h'=930.95 h''=2799.1 /(kJ/kg)
280	0.13430	2984.1	0.12680	2980.9	0.120044	2977.5	0.108369	2970.8
290	0.13729	3007.6	0.12966	3004.6	0.122795	3001.5	0.110922	2995.3
300	0.14024	3030.7	3030.7	3030.7	0.125501	3025.0	0.113429	3019.3
310	0.14316	3053.5	3053.5	3053.5	0.128170	3048.2	0.115896	3042.9
320	0.14605	3076.1	3076.1	3076.1	0.130806	3071.2	0.118329	3066.2
330	0.14890	3098.4	3098.4	3098.4	0.133413	3093.8	0.120733	3089.2
340	0.15174	3120.6	3120.6	3120.6	0.135996	3116.3	0.123111	3111.9
350	0.15455	3142.7	3142.7	3142.7	0.138558	3138.6	0.125467	3134.5
360	0.15735	3164.7	3164.7	3164.7	0.141101	3160.8	0.127804	3156.9
370	0.16013	3186.6	3186.6	3186.6	0.143628	3182.9	0.130123	3179.2
380	0.16290	3208.4	3208.4	3208.4	0.146140	3204.9	0.132428	3201.4
390	0.16565	3230.1	3230.1	3230.1	0.148638	3226.8	0.134718	3223.5
400	0.16839	3251.9	3251.9	3251.9	0.151126	3248.7	0.136997	3245.5
410	0.17112	3273.6	3273.6	3273.6	0.153602	3270.5	0.139266	3267.5
420	0.17385	3295.3	3295.3	3295.3	0.156070	3292.4	0.141524	3289.4
430	0.17656	3317.0	3317.0	3317.0	0.158528	3314.2	0.143774	3311.4
440	0.17927	3338.7	3338.7	3338.7	0.160979	3336.0	0.146016	3333.3

温度 t /℃	2.4MPa, t_s=221.783℃		2.6MPa, t_s=226.037℃		2.8MPa, t_s=230.047℃		3.0MPa, t_s=233.841℃	
	v'=0.0011932 v''=0.083199 /(m³/kg)	h'=951.93 h''=2800.4 /(kJ/kg)	v'=0.0012011 v''=0.076856 /(m³/kg)	h'=971.72 h''=2801.4 /(kJ/kg)	v'=0.0012083 v''=0.071389 /(m³/kg)	h'=990.49 h''=2802.0 /(kJ/kg)	v'=0.0012163 v''=0.066626 /(m³/kg)	h'=1008.36 h''=2802.3 /(kJ/kg)
0	0.0009990	2.41	0.0009989	2.61	0.0009988	2.82	0.0009987	3.02
10	0.0009991	44.33	0.0009990	44.53	0.0009989	44.72	0.0009988	44.92
20	0.0010006	86.12	0.0010005	86.30	0.0010005	86.49	0.0010004	86.68
30	0.0010032	127.84	0.0010032	128.03	0.0010031	128.21	0.0010030	128.39
40	0.0010067	169.57	0.0010067	169.75	0.0010066	169.92	0.0010065	170.10
50	0.0010110	211.31	0.0010110	211.48	0.0010109	211.65	0.0010108	211.83
60	0.0010161	253.09	0.0010160	253.25	0.0010159	253.42	0.0010158	253.59
70	0.0010217	294.91	0.0010216	295.07	0.0010216	295.23	0.0010215	295.39
80	0.0010281	336.78	0.0010280	336.94	0.0010279	337.10	0.0010278	337.26
90	0.0010350	378.74	0.0010349	378.89	0.0010348	379.05	0.0010347	379.20
100	0.0010425	420.79	0.0010424	420.94	0.0010423	421.09	0.0010422.	421.24
110	0.0010506	462.96	0.0010505	463.10	0.0010504	463.25	0.0010503	463.39
120	0.0010594	505.27	0.0010592	505.41	0.0010591	505.55	0.0010590	505.69
130	0.0010687	547.75	0.0010686	547.88	0.0010685	548.02	0.0010684	548.16
140	0.0010787	590.43	0.0010786	590.56	0.0010785	590.69	0.0010783	590.82
150	0.0010894	633.34	0.0010893	633.47	0.0010892	633.59	0.0010890	633.71
160	0.0011009	676.52	0.0011008	676.64	0.0011006	676.75	0.0011005	676.87
170	0.0011132	720.0	0.0011130	720.11	0.0011128	720.22	0.0011127	720.33
180	0.0011263	763.83	0.0011261	763.93	0.001126	764.03	0.0011258	764.13
190	0.0011404	808.05	0.0011402	808.14	0.001140	808.23	0.0011399	808.32
200	0.0011556	852.72	0.0011554	852.80	0.0011552	852.88	0.0011550	852.96
210	0.0011720	897.91	0.0011718	897.97	0.0011716	898.04	0.0011714	898.11
220	0.0011899	943.7	0.0011896	943.75	0.0011893	943.81	0.0011891	943.86
230	0.085595	2826.0	0.077957	2814.1	0.0012087	990.27	0.0012084	990.30
240	0.088390	2855.7	0.080640	2845.2	0.0739700	2834.2	0.0681620	2822.9
250	0.091075	2884.2	0.083205	2874.7	0.076437	2864.9	0.070551	2854.8

续表

温度 t /℃	2.4MPa, t_s=221.783℃		2.6MPa, t_s=226.037℃		2.8MPa, t_s=230.047℃		3.0MPa, t_s=233.841℃	
	v'=0.0011932 v''=0.083199 /(m³/kg)	h'=951.93 h''=2800.4 /(kJ/kg)	v'=0.0012011 v''=0.076856 /(m³/kg)	h'=971.72 h''=2801.4 /(kJ/kg)	v'=0.0012083 v''=0.071389 /(m³/kg)	h'=990.49 h''=2802.0 /(kJ/kg)	v'=0.0012163 v''=0.066626 /(m³/kg)	h'=1008.36 h''=2802.3 /(kJ/kg)
260	0.093666	2911.6	0.085671	2903.0	0.078800	2894.2	0.072829	2885.1
270	0.096180	2938.1	0.088055	2930.3	0.081077	2922.3	0.075015	2914.1
280	0.098626	2963.8	0.090370	2956.7	0.083280	2949.5	0.077124	2942.0
290	0.101017	2988.9	0.092625	2982.4	0.085421	2975.7	0.079169	2968.9
300	0.103359	3013.4	0.094830	3007.4	0.087510	3001.3	0.081159	2995.1
310	0.105660	3037.5	0.096992	3031.9	0.089554	3026.3	0.083102	3020.5
320	0.107926	3061.1	0.099117	3056.0	0.091560	3050.8	0.085005	3045.4
330	0.110161	3084.5	0.101210	3079.7	0.093532	3074.8	0.086874	3069.9
340	0.112369	3107.5	0.103275	3103.0	0.095476	3098.5	0.088713	3093.9
350	0.114554	3130.4	0.105317	3126.1	0.097395	3121.9	0.090526	3117.5
360	0.116719	3153.0	0.107337	3149.0	0.099293	3145.0	0.092318	3140.9
370	0.118867	3175.5	0.109340	3171.7	0.101171	3167.9	0.094089	3164.1
380	0.120999	3197.8	0.111326	3194.3	0.103033	3190.7	0.095844	3187.0
390	0.123117	3220.1	0.113298	3216.7	0.104881	3213.3	0.097584	3209.8
400	0.125223	3242.3	0.115258	3239.0	0.106715	3235.8	0.099310	3232.5
410	0.127317	3264.4	0.117206	3261.3	0.108538	3258.2	0.101024	3255.1
420	0.129402	3286.5	0.119144	3283.5	0.110350	3280.5	0.102728	3277.5
430	0.131478	3308.5	0.121073	3305.7	0.112154	3302.8	0.104423	3299.9
440	0.133546	3330.6	0.122994	3327.8	0.113948	3325.1	0.106108	3322.3

温度 t /℃	3.2MPa, t_s=237.445℃		3.4MPa, t_s=240.881℃		3.6MPa, t_s=244.164℃		3.8MPa, t_s=247.311℃	
	v'=0.0012237 v''=0.062439 /(m³/kg)	h'=1025.43 h''=2802.3 /(kJ/kg)	v'=0.0012310 v''=0.058728 /(m³/kg)	h'=1041.81 h''=2802.1 /(kJ/kg)	v'=0.0012381 v''=0.055415 /(m³/kg)	h'=1057.56 h''=2801.7 /(kJ/kg)	v'=0.0012451 v''=0.052438 /(m³/kg)	h'=1072.74 h''=2801.1 /(kJ/kg)
0	0.0009986	3.23	0.0009985	3.43	0.0009984	3.63	0.0009983	3.84
10	0.0009987	45.11	0.0009987	45.31	0.0009986	45.50	0.0009985	45.70
20	0.0010003	86.87	0.0010002	87.05	0.0010001	87.24	0.0010000	87.43
30	0.0010029	128.57	0.0010028	128.75	0.0010027	128.94	0.0010026	129.12
40	0.0010064	170.28	0.0010063	170.45	0.0010062	170.63	0.0010061	170.81
50	0.0010107	212.00	0.0010106	212.17	0.0010105	212.34	0.0010104	212.51
60	0.0010157	253.76	0.0010156	253.92	0.0010155	254.09	0.0010154	254.26
70	0.0010214	295.56	0.0010213	295.72	0.0010212	295.88	0.0010211	296.05
80	0.0010277	337.42	0.0010276	337.58	0.0010275	337.74	0.0010274	337.90
90	0.0010346	379.36	0.0010345	379.51	0.0010344	379.67	0.0010343	379.82
100	0.0010421	421.39	0.0010420	421.54	0.0010419	421.69	0.0010418	421.84
110	0.0010502	463.54	0.0010501	463.68	0.0010500	463.83	0.0010499	463.98
120	0.0010589	505.83	0.0010588	505.97	0.0010587	506.11	0.0010586	506.25
130	0.0010682	548.29	0.0010681	548.43	0.0010680	548.56	0.0010679	548.70
140	0.0010782	590.95	0.0010781	591.08	0.0010780	591.21	0.0010778	591.34
150	0.0010889	633.84	0.0010888	633.96	0.0010886	634.09	0.0010885	634.21
160	0.0011003	676.99	0.0011002	677.11	0.0011000	677.23	0.0010999	677.34
170	0.0011125	720.44	0.0011124	720.55	0.0011122	720.66	0.0011121	720.77
180	0.0011256	764.24	0.0011254	764.34	0.0011253	764.44	0.0011251	764.54
190	0.0011397	808.42	0.0011395	808.51	0.0011393	808.60	0.0011391	808.70
200	0.0011848	853.04	0.0011546	853.13	0.0011544	853.21	0.0011542	853.29
210	0.0011711	898.18	0.0011709	898.25	0.0011707	898.32	0.0011704	898.40
220	0.0011888	943.92	0.0011886	943.97	0.0011883	944.03	0.0011881	944.09
230	0.0012081	990.34	0.0012079	990.38	0.0012076	990.42	0.0012073	990.46

续表

温度 t/℃	3.2MPa, t_s=237.445℃		3.4MPa, t_s=240.881℃		3.6MPa, t_s=244.164℃		3.8MPa, t_s=247.311℃	
	v'=0.0012237 v''=0.062439 /(m³/kg)	h'=1025.43 h''=2802.3 /(kJ/kg)	v'=0.0012310 v''=0.058728 /(m³/kg)	h'=1041.81 h''=2802.1 /(kJ/kg)	v'=0.0012381 v''=0.055415 /(m³/kg)	h'=1057.56 h''=2801.7 /(kJ/kg)	v'=0.0012451 v''=0.052438 /(m³/kg)	h'=1072.74 h''=2801.1 /(kJ/kg)
240	0.0630550	2811.2	0.0012290	1037.61	0.0012287	1037.6	0.0012284	1037.6
250	0.065380	2844.4	0.060796	2833.6	0.0567020	2822.5	0.053017	2811.0
260	0.067587	2875.8	0.062945	2866.2	0.058804	2856.3	0.055082	2846.1
270	0.069697	2905.7	0.064992	2897.1	0.060797	2888.2	0.057030	2879.1
280	0.071727	2934.4	0.066954	2926.6	0.062700	2918.6	0.058885	2910.4
290	0.073689	2962.0	0.068844	2954.9	0.064530	2947.7	0.060661	2940.3
300	0.075593	2988.7	0.070675	2982.2	0.066297	2975.6	0.062372	2968.9
310	0.077449	3014.7	0.072456	3008.7	0.068011	3002.7	0.064029	2996.5
320	0.079264	3040.0	0.074193	3034.5	0.069681	3028.9	0.065639	3023.3
330	0.081043	3064.8	0.075894	3059.7	0.071312	3054.6	0.067209	3049.3
340	0.082791	3089.2	0.077563	3084.4	0.072911	3099.6	0.068746	3074.8
350	0.084513	3113.2	0.079204	3108.7	0.074482	3104.2	0.070254	3099.7
360	0.086212	3136.8	0.080822	3132.7	0.076028	3128.4	0.071736	3124.2
370	0.087890	3160.2	0.082419	3156.3	0.077553	3152.3	0.073197	3148.3
380	0.089552	3183.4	0.083998	3179.7	0.079059	3175.9	0.074638	3172.2
390	0.091197	3206.4	0.085561	3202.8	0.080549	3199.3	0.076063	3195.7
400	0.092829	3229.2	0.087110	3225.9	0.082024	3222.5	0.077473	3219.1
410	0.094449	3251.9	0.088646	3248.7	0.083487	3245.5	0.078870	3242.3
420	0.096058	3274.5	0.090172	3271.5	0.084938	3268.4	0.080255	3265.4
430	0.097657	3297.1	0.091687	3294.2	0.086379	3291.2	0.081630	3288.3
440	0.099248	3319.5	0.093194	3316.8	0.087812	3314.0	0.082995	3311.2
450	0.100830	3342.0	0.094692	3339.3	0.089236	3336.6	0.084353	3333.9
460	0.102406	3364.4	0.096183	3361.8	0.090652	3359.2	0.085702	3356.6
470	0.103975	3386.8	0.097668	3384.3	0.092062	3381.8	0.087045	3379.3
480	0.105538	3409.2	0.099146	3406.8	0.093465	3404.4	0.088382	3402.0
490	0.107095	3431.6	0.100619	3429.2	0.094863	3426.9	0.089712	3424.6

温度 t/℃	4.0MPa, t_s=250.333℃		4.2MPa, t_s=253.241℃		4.4MPa, t_s=256.045℃		4.6MPa, t_s=258.754℃	
	v'=0.0012521 v''=0.049749 /(m³/kg)	h'=1087.41 h''=2800.3 /(kJ/kg)	v'=0.0012589 v''=0.047307 /(m³/kg)	h'=1101.61 h''=2799.4 /(kJ/kg)	v'=0.0012657 v''=0.045079 /(m³/kg)	h'=1115.38 h''=2798.3 /(kJ/kg)	v'=0.0012725 v''=0.043038 /(m³/kg)	h'=1128.76 h''=2797.0 /(kJ/kg)
0	0.0009982	4.04	0.0009981	4.24	0.000998	4.45	0.0009979	4.65
10	0.0009984	45.89	0.0009983	46.09	0.0009982	46.28	0.0009981	46.48
20	0.0009999	87.62	0.0009998	87.80	0.0009997	87.99	0.0009996	88.48
30	0.0010025	129.30	0.0010024	129.48	0.0010024	129.66	0.0010023	129.85
40	0.0010060	170.98	0.0010060	171.16	0.0010059	171.34	0.0010058	171.51
50	0.0010103	212.69	0.0010102	212.86	0.0010102	213.03	0.0010101	213.20
60	0.0010153	254.43	0.0010152	254.59	0.0010152	254.76	0.0010151	254.93
70	0.0010210	296.21	0.0010209	296.37	0.0010208	296.54	0.0010207	296.70
80	0.0010273	338.06	0.0010272	338.21	0.0010271	338.37	0.0010270	338.53
90	0.0010342	379.98	0.0010341	380.13	0.001034	380.29	0.0010339	380.44
100	0.0010417	421.99	0.0010416	422.14	0.0010415	422.29	0.0010414	422.44
110	0.0010498	464.12	0.0010496	464.27	0.0010495	464.41	0.0010494	464.56
120	0.0010584	506.39	0.0010583	506.54	0.0010582	506.68	0.0010581	506.82
130	0.0010677	548.84	0.0010676	548.97	0.0010675	549.11	0.0010674	549.24
140	0.0010777	591.47	0.0010776	591.60	0.0010775	591.73	0.0010773	591.86
150	0.0010883	634.34	0.0010882	634.46	0.0010881	634.59	0.0010879	634.71
160	0.0010997	677.46	0.0010996	677.58	0.0010994	677.70	0.0010993	677.82

续表

温度 t /℃	$4.0MPa, t_s=250.333℃$		$4.2MPa, t_s=253.241℃$		$4.4MPa, t_s=256.045℃$		$4.6MPa, t_s=258.754℃$	
	$v'=0.0012521$ $v''=0.049749$ /(m^3/kg)	$h'=1087.41$ $h''=2800.3$ /(kJ/kg)	$v'=0.0012589$ $v''=0.047307$ /(m^3/kg)	$h'=1101.61$ $h''=2799.4$ /(kJ/kg)	$v'=0.0012657$ $v''=0.045079$ /(m^3/kg)	$h'=1115.38$ $h''=2798.3$ /(kJ/kg)	$v'=0.0012725$ $v''=0.043038$ /(m^3/kg)	$h'=1128.76$ $h''=2797.0$ /(kJ/kg)
170	0.0011110	720.88	0.0011117	721.00	0.0011116	721.11	0.0011114	721.22
180	0.0011249	764.65	0.0011248	764.75	0.0011246	764.85	0.0011244	764.95
190	0.0011389	808.79	0.0011387	808.88	0.0011386	808.98	0.0011384	809.07
200	0.0011540	853.38	0.0011538	853.46	0.0011536	853.54	0.0011534	853.62
210	0.0011702	898.47	0.0011700	898.54	0.0011698	898.61	0.0011695	898.68
220	0.0011878	944.14	0.0011876	944.20	0.0011873	944.26	0.0011871	944.31
230	0.0012070	990.50	0.0012067	990.54	0.0012064	990.58	0.0012062	990.62
240	0.0012280	1037.66	0.0012277	1037.7	0.0012274	1037.7	0.0012271	1037.7
250	0.0012512	1085.79	0.0012509	1085.8	0.0012505	1085.8	0.0012501	1085.8
260	0.051716	2835.6	0.048654	2824.8	0.045853	2813.6	0.043278	2802.0
270	0.053628	2869.8	0.050537	2860.2	0.047715	2850.3	0.045124	2840.2
280	0.055441	2902	0.052314	2893.5	0.049463	2884.7	0.046849	2875.6
290	0.057171	2932.7	0.054005	2925.0	0.051120	2917.1	0.048477	2909.0
300	0.058833	2962	0.055625	2955.0	0.052702	2947.8	0.050027	2940.5
310	0.060439	2990.2	0.057185	2983.8	0.054223	2977.4	0.051512	2970.7
320	0.061996	3017.5	0.058696	3011.6	0.055692	3005.7	0.052944	2999.6
330	0.063513	3044	0.060164	3038.6	0.057117	3033.1	0.054331	3027.5
340	0.064994	3069.8	0.061597	3064.8	0.058505	3059.7	0.055679	3054.6
350	0.066446	3095.1	0.062998	3090.4	0.059861	3085.7	0.056994	3080.9
360	0.067872	3119.9	0.064373	3115.5	0.061190	3111.1	0.058281	3106.7
370	0.069275	3144.3	0.065724	3140.2	0.062495	3136.1	0.059544	3131.9
380	0.070658	3168.4	0.067056	3164.5	0.063779	3160.6	0.060785	3156.7
390	0.072024	3192.1	0.068369	3188.5	0.065045	3184.9	0.062008	3181.2
400	0.073376	3215.7	0.069667	3212.3	0.066295	3208.8	0.063215	3205.3
410	0.074713	3239.1	0.070952	3235.8	0.067531	3232.5	0.004407	3229.2
420	0.076039	3262.3	0.072224	3259.2	0.068755	3256.0	0.065587	3252.9
430	0.077355	3285.4	0.073486	3282.4	0.069968	3279.4	0.066755	3276.4
440	0.078660	3308.3	0.074738	3305.5	0.071171	3302.6	0.067914	3299.8
450	0.079958	3331.2	0.075981	3328.5	0.072365	3325.8	0.069063	3323.0
460	0.081247	3354.0	0.077216	3351.4	0.073551	3348.8	0.070204	3346.2
470	0.082530	3376.8	0.078444	3374.3	0.074730	3371.8	0.071338	3369.3
480	0.083806	3399.6	0.079666	3397.1	0.075902	3394.7	0.072465	3392.3
490	0.085076	3422.3	0.080882	3419.9	0.077069	3417.6	0.073587	3415.3

温度 t /℃	$4.8MPa, t_s=261.373℃$		$5.0MPa, t_s=263.911℃$		$5.4MPa, t_s=268.763℃$		$5.8MPa, t_s=273.347℃$	
	$v'=0.0012792$ $v''=0.041161$ /(m^3/kg)	$h'=1141.78$ $h''=2795.7$ /(kJ/kg)	$v'=0.0012858$ $v''=0.039429$ /(m^3/kg)	$h'=1154.40$ $h''=2794.2$ /(kJ/kg)	$v'=0.0012990$ $v''=0.036334$ /(m^3/kg)	$h'=1178.94$ $h''=2790.8$ /(kJ/kg)	$v'=0.0013121$ $v''=0.033651$ /(m^3/kg)	$h'=1202.35$ $h''=2787.0$ /(kJ/kg)
0	0.0009978	4.85	0.0009977	5.06	0.0009975	5.46	0.0009973	5.87
10	0.0009980	46.67	0.0009979	46.86	0.0009977	47.25	0.0009975	47.64
20	0.0009996	88.37	0.0009995	88.55	0.0009993	88.93	0.0009991	89.30
30	0.0010022	130.03	0.0010021	130.21	0.0010119	130.57	0.0010017	130.94
40	0.0010057	171.69	0.0010056	171.87	0.0010054	172.22	0.0010053	172.57
50	0.0010100	213.37	0.0010099	213.55	0.0010097	213.89	0.0010095	214.23
60	0.0010150	255.10	0.0010149	255.26	0.0010147	255.60	0.0010145	255.93
70	0.0010206	296.86	0.0010205	297.03	0.0010204	297.35	0.0010202	297.68
80	0.0010269	338.69	0.0010268	338.85	0.0010266	339.17	0.0010264	339.49
90	0.0010338	380.59	0.0010337	380.75	0.0010335	381.06	0.0010333	381.37

续表

温度 t /℃	4.8MPa, t_s=261.373℃		5.0MPa, t_s=263.911℃		5.4MPa, t_s=268.763℃		5.8MPa, t_s=273.347℃	
	v'=0.0012792 v''=0.041161 /(m³/kg)	h'=1141.78 h''=2795.7 /(kJ/kg)	v'=0.0012858 v''=0.039429 /(m³/kg)	h'=1154.40 h''=2794.2 /(kJ/kg)	v'=0.0012990 v''=0.036334 /(m³/kg)	h'=1178.94 h''=2790.8 /(kJ/kg)	v'=0.0013121 v''=0.033651 /(m³/kg)	h'=1202.35 h''=2787.0 /(kJ/kg)
100	0.0010413	422.59	0.0010412	422.74	0.0010410	423.04	0.0010407	423.34
110	0.0010493	464.71	0.0010492	464.85	0.0010490	465.14	0.0010488	465.43
120	0.0010580	506.96	0.0010579	507.10	0.0010576	507.38	0.0010574	507.66
130	0.0010673	549.38	0.0010671	549.52	0.0010669	549.79	0.0010667	550.06
140	0.0010772	592.00	0.0010771	592.13	0.0010768	592.39	0.0010766	592.65
150	0.0010878	634.84	0.0010877	634.96	0.0010874	635.21	0.0010871	635.46
160	0.0010991	677.93	0.0010990	678.05	0.0010987	678.29	0.0010984	678.53
170	0.0011113	721.33	0.0011111	721.44	0.0011108	721.66	0.0011105	721.89
180	0.0011243	765.06	0.0011241	765.16	0.0011237	765.37	0.0011234	765.57
190	0.0011382	809.16	0.0011380	809.26	0.0011376	809.45	0.0011373	809.64
200	0.0011532	853.71	0.0011530	853.79	0.0011526	853.96	0.0011522	854.13
210	0.0011693	898.75	0.0011691	898.82	0.0011687	898.97	0.0011682	899.11
220	0.0011868	944.37	0.0011866	944.43	0.0011861	944.54	0.0011856	944.60
230	0.0012059	990.66	0.0012056	990.70	0.0012050	990.78	0.0012045	990.87
240	0.0012268	1037.7	0.0012264	1037.76	0.0012258	1037.8	0.0012252	1037.8
250	0.0012498	1085.8	0.0012494	1085.77	0.0012487	1085.8	0.001248	1085.8
260	0.0012754	1134.9	0.001275	1134.89	0.0012741	1134.8	0.0012733	1134.8
270	0.042736	2829.7	0.040526	2818.9	0.036553	2796.1	0.0013018	1185.1
280	0.044443	2866.4	0.042219	2856.9	0.038235	2837.0	0.034756	28160
290	0.046047	2900.7	0.043803	2892.2	0.039792	2874.7	0.036301	2856.3
300	0.047569	2933.1	0.045301	2925.5	0.041251	2909.8	0.037736	2893.5
310	0.049023	2963.9	0.046728	2957.0	0.042633	2942.9	0.039085	2928.2
320	0.050422	2993.4	0.048097	2987.2	0.043952	2974.3	0.040364	2961.0
330	0.051773	3021.8	0.049417	3016.1	0.045219	3004.4	0.041588	2992.3
340	0.053085	3049.4	0.050697	3044.1	0.046442	3033.3	0.042764	3022.2
350	0.054364	3076.1	0.051941	3071.2	0.047628	3061.2	0.043902	3051.0
360	0.055613	3102.2	0.053156	3097.6	0.048783	3088.3	0.045006	3078.9
370	0.056837	3127.7	0.054346	3123.4	0.049911	3114.8	0.046082	3106.0
380	0.058040	3152.8	0.055513	3148.8	0.051016	3140.7	0.047134	3132.4
390	0.059223	3177.5	0.056660	3173.7	0.052100	3166.1	0.048164	3158.4
400	0.060390	3201.8	0.057791	3198.3	0.053166	3191.1	0.049176	3183.8
410	0.061543	3225.9	0.058906	3222.5	0.054217	3215.7	0.050171	3208.9
420	0.062682	3249.7	0.060009	3246.5	0.055254	3240.1	0.051153	3233.6
430	0.063810	3273.4	0.061099	3270.4	0.056279	3264.2	0.052121	3258.0
440	0.064927	3296.9	0.062180	3294.0	0.057293	3288.2	0.053078	3282.3
450	0.066036	3320.3	0.063250	3317.5	0.058297	3311.9	0.054026	3306.3
460	0.067136	3343.5	0.064313	3340.9	0.059293	3335.5	0.054964	3330.2
470	0.068229	3366.7	0.065368	3364.2	0.060281	3359.0	0.055894	3353.9
480	0.069315	3389.8	0.066416	3387.4	0.061262	3382.5	0.056817	3377.5
490	0.070395	3412.9	0.067458	3410.5	0.062236	3405.8	0.057734	3401.0

温度 t /℃	6.2MPa, t_s=277.697℃		6.6MPa, t_s=281.837℃		7.0MPa, t_s=285.790℃		7.4MPa, t_s=289.574℃	
	v'=0.0013252 v''=0.031300 /(m³/kg)	h'=1224.83 h''=2782.9 /(kJ/kg)	v'=0.0013383 v''=0.029223 /(m³/kg)	h'=1246.48 h''=2778.3 /(kJ/kg)	v'=0.0013513 v''=0.027373 /(m³/kg)	h'=1267.42 h''=2773.5 /(kJ/kg)	v'=0.0013644 v''=0.025715 /(m³/kg)	h'=1287.71 h''=2768.3 /(kJ/kg)
0	0.0009971	6.28	0.0009969	6.68	0.0009967	7.09	0.0009965	7.49
10	0.0009973	48.03	0.0009972	48.42	0.0009970	48.8	0.0009968	49.19
20	0.0009989	89.68	0.0009987	90.05	0.0009986	90.43	0.0009984	90.80

续表

温度 t /℃	6.2MPa, t_s=277.697℃		6.6MPa, t_s=281.837℃		7.0MPa, t_s=285.790℃		7.4MPa, t_s=289.574℃	
	v'=0.0013252 v''=0.031300 /(m³/kg)	h'=1224.83 h''=2782.9 /(kJ/kg)	v'=0.0013383 v''=0.029223 /(m³/kg)	h'=1246.48 h''=2778.3 /(kJ/kg)	v'=0.0013513 v''=0.027373 /(m³/kg)	h'=1267.42 h''=2773.5 /(kJ/kg)	v'=0.0013644 v''=0.025715 /(m³/kg)	h'=1287.71 h''=2768.3 /(kJ/kg)
30	0.0010016	131.3	0.0010014	131.66	0.0010012	132.02	0.0010010	132.39
40	0.0010051	172.93	0.0010049	173.28	0.0010047	173.63	0.0010046	173.98
50	0.0010094	214.58	0.0010092	214.92	0.0010090	215.27	0.0010088	215.61
60	0.0010143	256.27	0.0010142	256.60	0.0010140	256.94	0.0010138	257.27
70	0.0010200	298.01	0.0010198	298.33	0.0010196	298.66	0.0010194	298.98
80	0.0010262	339.80	0.0010261	340.12	0.0010259	340.44	0.0010257	340.76
90	0.0010331	381.68	0.0010329	381.99	0.0010327	382.30	0.0010325	382.61
100	0.0010405	423.64	0.0010403	423.95	0.0010401	424.25	0.0010399	424.55
110	0.0010486	465.73	0.0010484	466.02	0.0010481	466.31	0.0010479	466.60
120	0.0010572	507.95	0.0010570	508.23	0.0010567	508.51	0.0010565	508.79
130	0.0010664	550.33	0.0010662	550.61	0.0010660	550.88	0.0010657	551.15
140	0.0010763	592.91	0.0010761	593.17	0.0010758	593.43	0.0010755	593.70
150	0.0010869	635.71	0.0010866	635.96	0.0010863	636.21	0.0010860	636.46
160	0.0010981	678.76	0.0010978	679.00	0.0010976	679.24	0.0010973	679.48
170	0.0011102	722.11	0.0011099	722.33	0.0011096	722.56	0.0011092	722.78
180	0.0011231	765.78	0.0011227	765.99	0.0011224	766.20	0.0011221	766.41
190	0.0011369	809.82	0.0011365	810.01	0.0011362	810.20	0.0011358	810.40
200	0.0011517	854.30	0.0011513	854.47	0.0011510	854.64	0.0011506	854.81
210	0.0011678	899.26	0.0011673	899.40	0.0011669	899.55	0.0011664	899.69
220	0.0011851	944.78	0.0011840	944.00	0.0011841	945.02	0.0011836	945.14
230	0.0012039	990.95	0.0012034	991.04	0.0012028	991.13	0.0012023	991.21
240	0.0012245	1037.90	0.0012230	1037.94	0.0012233	1037.99	0.0012227	1038.04
250	0.0012472	1085.75	0.0012465	1085.76	0.0012458	1085.76	0.0012451	1085.76
260	0.0012724	1134.70	0.0012716	1134.64	0.0012708	1134.59	0.0012700	1134.54
270	0.0013008	1185.00	0.0012998	1184.86	0.0012988	1184.73	0.0012978	1184.61
280	0.031679	2793.5	0.0013319	1236.74	0.0013307	1236.51	0.0013295	1236.29
290	0.033227	2836.8	0.030490	2816.1	0.028024	27914.1	0.025781	2770.5
300	0.034650	2876.3	0.031911	2858.3	0.029457	2839.4	0.027238	2819.3
310	0.035975	2913.0	0.033223	2897.1	0.030765	2880.5	0.028551	2863.1
320	0.037224	2947.3	0.034450	2933.1	0.031978	2918.3	0.029757	2903.0
330	0.038413	2979.8	0.035611	2966.9	0.033118	2953.6	0.030882	2939.9
340	0.039551	3010.8	0.036718	2999.0	0.034199	2987.0	0.031943	2974.6
350	0.040048	3040.5	0.037781	3020.7	0.035233	3018.7	0.032954	3007.4
360	0.041710	3069.2	0.038806	3059.2	0.036228	3049.1	0.033922	3038.7
370	0.042742	3097.0	0.039800	3087.8	0.037190	3078.4	0.034856	3068.8
380	0.043748	3124.0	0.040768	3115.5	0.038123	3106.7	0.035761	3097.8
390	0.044732	3150.5	0.041712	3142.5	0.039033	3134.3	0.036640	3126.0
400	0.045697	3176.4	0.042636	3168.9	0.039922	3161.2	0.037497	3153.5
410	0.046645	3201.9	0.043542	3194.8	0.040792	3187.6	0.038336	3180.3
420	0.047578	3227.0	0.044434	3220.3	0.041646	3213.5	0.039158	3206.6
430	0.048498	3251.8	0.045311	3245.4	0.042487	3239.0	0.039966	3232.5
440	0.049406	3276.3	0.046177	3270.3	0.043315	3264.2	0.040760	3258.0
450	0.050304	3300.6	0.047031	3294.9	0.044131	3239.1	0.041544	3283.2
460	0.051192	3324.7	0.047877	3319.2	0.044938	3313.7	0.042317	3308.1
470	0.052073	3348.7	0.048713	3343.4	0.045737	3338.1	0.043081	3332.8
480	0.052946	3372.5	0.049542	3367.5	0.046527	3362.4	0.043837	3357.3
490	0.053812	3396.2	0.050364	3391.4	0.047310	3386.5	0.044585	3381.7

续表

温度 t /℃	7.8MPa, t_s=293.205℃		8.2MPa, t_s=296.697℃		8.6MPa, t_s=300.060℃		9.0MPa, t_s=303.306℃	
	v'=0.0013776 v''=0.024220 /(m^3/kg)	h'=1307.44 h''=2762.8 /(kJ/kg)	v'=0.0013909 v''=0.022863 /(m^3/kg)	h'=1326.65 h''=2757.0 /(kJ/kg)	v'=0.0014043 v''=0.021627 /(m^3/kg)	h'=1345.40 h''=2750.9 /(kJ/kg)	v'=0.0014179 v''=0.020495 /(m^3/kg)	h'=1363.74 h''=2744.6 /(kJ/kg)
0	0.0009963	7.90	0.0009961	8.30	0.0009960	8.71	0.0009958	9.11
10	0.0009966	49.58	0.0009964	49.97	0.0009962	50.35	0.0009960	50.74
20	0.0009982	91.17	0.0009980	91.55	0.0009979	91.92	0.0009977	92.30
30	0.0010009	132.75	0.0010007	133.11	0.0010005	133.47	0.0010003	133.84
40	0.0010044	174.34	0.0010042	174.69	0.0010040	175.04	0.0010039	175.39
50	0.0010087	215.95	0.0010085	216.30	0.0010083	216.64	0.0010081	216.98
60	0.0010136	257.61	0.0010135	257.94	0.0010133	258.28	0.0010131	258.61
70	0.0010193	299.31	0.0010191	299.64	0.0010189	299.96	0.0010187	300.29
80	0.0010255	341.08	0.0010253	341.39	0.0010251	341.71	0.0010249	342.03
90	0.0010323	382.91	0.0010321	383.22	0.0010319	383.53	0.0010317	383.84
100	0.0010397	424.85	0.0010395	425.15	0.0010393	425.45	0.0010391	425.75
110	0.0010477	466.89	0.0010475	467.19	0.0010473	467.48	0.0010471	467.77
120	0.0010563	509.08	0.0010561	509.36	0.0010558	509.64	0.0010556	509.93
130	0.0010655	551.42	0.0010652	551.70	0.0010650	551.97	0.0010648	552.24
140	0.0010753	593.96	0.0010750	594.22	0.0010748	594.48	0.0010745	594.75
150	0.0010858	636.71	0.0010855	636.96	0.0010852	637.21	0.0010850	637.47
160	0.0010970	679.72	0.0010967	679.95	0.0010964	680.19	0.0010961	680.43
170	0.0011089	723.00	0.0011086	723.23	0.0011083	723.45	0.0011080	723.68
180	0.0011217	766.61	0.0011214	766.82	0.0011211	767.03	0.0011207	767.24
190	0.0011354	810.59	0.0011351	810.78	0.0011347	810.97	0.0011344	811.16
200	0.0011502	854.98	0.0011498	855.15	0.0011494	855.32	0.0011490	855.49
210	0.0011660	899.84	0.0011656	899.99	0.0011651	900.14	0.0011647	900.29
220	0.0011831	945.26	0.0011827	945.38	0.0011822	945.50	0.0011817	945.62
230	0.0012018	991.30	0.0012012	991.39	0.0012007	991.49	0.0012001	991.58
240	0.0012221	1038.10	0.0012215	1038.15	0.0012209	1038.20	0.0012203	1038.26
250	0.0012444	1085.77	0.0012437	1085.78	0.0012430	1085.78	0.0012423	1085.80
260	0.0012692	1134.48	0.0012683	1134.44	0.0012675	1134.39	0.0012667	1134.35
270	0.0012969	1184.49	0.0012959	1184.37	0.0012950	1184.25	0.0012940	1184.14
280	0.0013283	1236.08	0.0013272	1235.86	0.0013260	1235.66	0.0013249	1235.46
290	0.0013647	1289.71	0.0013632	1289.37	0.0013618	1289.04	0.0013604	1288.72
300	0.025214	2798.0	0.023350	2775.2	0.0014040	1345.05	0.0014022	1344.56
310	0.026541	2844.8	0.024702	2825.4	0.0230070	2805.0	0.021434	2783.2
320	0.027747	2887.0	0.025916	2870.2	0.024236	2852.7	0.022685	2834.3
330	0.028863	2925.7	0.027028	2911.0	0.025350	2895.6	0.023807	2879.7
340	0.029909	2961.8	0.028064	2948.6	0.026380	2935.0	0.024836	2920.9
350	0.030900	2995.8	0.029040	2983.9	0.027345	2971.6	0.025792	2959.0
360	0.031847	3028.1	0.029968	3017.2	0.028258	3006.1	0.026694	2994.7
370	0.032757	3059.0	0.030858	3049.0	0.029130	3038.8	0.027551	3028.4
380	0.033636	3088.8	0.031715	3079.5	0.029968	3070.1	0.028372	3060.5
390	0.034489	3117.6	0.032544	3109.0	0.030777	3100.3	0.029163	3091.4
400	0.035319	3145.6	0.033350	3137.6	0.031561	3129.4	0.029929	3121.2
410	0.036130	3172.9	0.034136	3165.4	0.032325	3157.8	0.030673	3150.1
420	0.036923	3199.7	0.034904	3192.6	0.033070	3185.5	0.031398	3178.2
430	0.037701	3225.9	0.035656	3219.3	0.033799	3212.5	0.032106	3205.7
440	0.038466	3251.8	0.036395	3245.5	0.034514	3239.1	0.032800	3232.7
450	0.039220	3277.3	0.037121	3271.3	0.035217	3265.3	0.033480	3259.2
460	0.039963	3302.5	0.037837	3296.8	0.035908	3291.1	0.034150	3285.3

续表

温度 t /℃	7.8MPa, t_s=293.205℃		8.2MPa, t_s=296.697℃		8.6MPa, t_s=300.060℃		9.0MPa, t_s=303.306℃	
	v'=0.0013776 v''=0.024220 /(m^3/kg)	h'=1307.44 h''=2762.8 /(kJ/kg)	v'=0.0013909 v''=0.022863 /(m^3/kg)	h'=1326.65 h''=2757.0 /(kJ/kg)	v'=0.0014043 v''=0.021627 /(m^3/kg)	h'=1345.40 h''=2750.9 /(kJ/kg)	v'=0.0014179 v''=0.020495 /(m^3/kg)	h'=1363.74 h''=2744.6 /(kJ/kg)
470	0.040696	3327.4	0.038544	3322.0	0.036590	3316.5	0.034809	3311.0
480	0.041422	3352.2	0.039241	3347.0	0.037263	3341.8	0.035460	3336.5
490	0.042139	3376.7	0.039931	3371.8	0.037928	3366.8	0.036102	3361.7
500			0.040614	3396.4	0.038586	3391.6	0.036737	3386.8
510			0.041291	3420.9	0.039237	3416.3	0.037365	3411.6
520			0.041961	3445.2	0.039882	3440.8	0.037987	3436.3
530			0.042627	3469.5	0.040522	3465.2	0.038604	3460.9
540			0.043287	3493.7	0.041157	3489.5	0.039215	3485.4

温度 t /℃	9.4MPa, t_s=306.443℃		9.8MPa, t_s=309.479℃		10.5MPa, t_s=314.568℃		11.5MPa, t_s=321.402℃	
	v'=0.0014316 v''=0.019455 /(m^3/kg)	h'=1381.70 h''=2738.0 /(kJ/kg)	v'=0.0014455 v''=0.018494 /(m^3/kg)	h'=1399.34 h''=2731.2 /(kJ/kg)	v'=0.0014704 v''=0.016979 /(m^3/kg)	h'=1429.51 h''=2718.7 /(kJ/kg)	v'=0.0015075 v''=0.015111 /(m^3/kg)	h'=1471.32 h''=2699.5 /(kJ/kg)
0	0.0009956	9.51	0.0009954	9.92	0.0009950	10.62	0.0009945	1.63
10	0.0009959	51.13	0.0009957	51.51	0.0009954	52.19	0.0009949	53.16
20	0.0009975	92.67	0.0009973	93.04	0.0009970	93.70	0.0009966	94.63
30	0.0010002	134.20	0.0010000	134.56	0.0009997	135.20	0.0009993	136.10
40	0.0010037	175.75	0.0010035	176.10	0.0010032	176.72	0.0010028	177.60
50	0.0010080	217.33	0.0010078	217.67	0.0010075	218.27	0.0010070	219.13
60	0.0010129	258.95	0.0010127	259.28	0.0010124	259.87	0.0010120	260.70
70	0.0010185	300.62	0.0010183	300.94	0.0010180	301.51	0.0010176	302.33
80	0.0010247	342.35	0.0010245	342.66	0.0010242	343.22	0.0010238	344.02
90	0.0010315	384.15	0.0010313	384.46	0.0010310	385.00	0.0010305	385.78
100	0.0010389	426.05	0.0010387	426.35	0.0010384	426.88	0.0010379	427.63
110	0.0010469	468.06	0.0010467	468.36	0.0010463	468.87	0.0010458	469.60
120	0.0010554	510.21	0.0010552	510.49	0.0010548	510.99	0.0010542	511.70
130	0.0010645	552.52	0.0010643	552.79	0.0010639	553.27	0.0010633	553.95
140	0.0010743	595.01	0.0010740	595.27	0.0010736	595.73	0.0010730	596.39
150	0.0010847	637.72	0.0010845	637.97	0.0010840	638.41	0.0010833	639.04
160	0.0010958	680.67	0.0010956	680.91	0.0010951	681.33	0.0010944	681.93
170	0.0011077	723.90	0.0011074	724.13	0.0011069	724.52	0.0011061	725.09
180	0.0011204	767.45	0.0011201	767.66	0.0011195	768.03	0.0011187	768.56
190	0.0011340	811.35	0.0011336	811.55	0.001133	811.89	0.0011321	812.37
200	0.0011486	855.67	0.0011482	855.84	0.0011475	856.14	0.0011466	856.58
210	0.0011643	900.44	0.0011639	900.59	0.0011631	900.86	0.0011621	901.24
220	0.0011812	945.75	0.0011808	945.87	0.0011799	946.09	0.0011788	946.41
230	0.0011996	991.67	0.0011991	991.77	0.0011982	991.93	0.0011969	992.18
240	0.0012197	1038.32	0.0012191	1038.37	0.0012180	1038.48	0.0012165	1038.6
250	0.0012416	1085.81	0.001241	1085.82	0.0012398	1085.85	0.0012381	1085.9
260	0.0012659	1134.31	0.0012652	1134.27	0.0012638	1134.20	0.0012619	1134.13
270	0.0012931	1184.03	0.0012922	1183.92	0.0012905	1183.74	0.0012883	1183.50
280	0.0013238	1235.26	0.0013227	1235.06	0.0013207	1234.74	0.0013180	1234.29
290	0.001359	1288.40	0.0013577	1288.09	0.0013553	1287.57	0.0013520	1286.85
300	0.0014005	1344.07	0.0013987	1343.6	0.0013957	1342.8	0.0013915	1341.70
310	0.019961	2759.9	0.018570	2734.7	0.0014444	1401.3	0.0014389	1399.64
320	0.021245	2814.8	0.019899	2794.3	0.0177260	2754.9	0.0014979	1462.08
330	0.022381	2863.0	0.021055	2845.6	0.018935	2812.8	0.016251	2760.00
340	0.023412	2906.3	0.022093	2891.2	0.019997	2863.1	0.017376	2819.00

续表

温度 t /℃	9.4MPa, t_s=306.443℃		9.8MPa, t_s=309.479℃		10.5MPa, t_s=314.568℃		11.5MPa, t_s=321.402℃	
	v'=0.0014316 v''=0.019455 /(m³/kg)	h'=1381.70 h''=2738.0 /(kJ/kg)	v'=0.0014455 v''=0.018494 /(m³/kg)	h'=1399.34 h''=2731.2 /(kJ/kg)	v'=0.0014704 v''=0.016979 /(m³/kg)	h'=1429.51 h''=2718.7 /(kJ/kg)	v'=0.0015075 v''=0.015111 /(m³/kg)	h'=1471.32 h''=2699.5 /(kJ/kg)
350	0.024364	2946.0	0.023044	2932.6	0.020956	2908.1	0.018365	2870.1
360	0.025257	2983.0	0.023931	2970.9	0.021838	2949.1	0.019255	2915.8
370	0.026102	3017.7	0.024766	3006.8	0.022662	2987.1	0.020074	2957.4
380	0.026909	3050.7	0.025561	3040.8	0.023440	3022.8	0.020838	2996.0
390	0.027684	3082.3	0.026322	3073.1	0.024182	3056.6	0.021560	3032.1
400	0.028433	3112.8	0.027056	3104.2	0.024893	3089.0	0.022248	3066.4
410	0.029159	3142.2	0.027766	3134.3	0.025580	3120.1	0.022907	3099.2
420	0.029865	3170.9	0.028456	3163.4	0.026245	3150.2	0.023543	3130.7
430	0.030555	3198.8	0.029129	3191.8	0.026891	3179.4	0.024159	3161.1
440	0.031229	3226.2	0.029786	3219.6	0.027521	3207.9	0.024758	3190.7
450	0.031891	3253.0	0.030429	3246.8	0.028137	3235.7	0.025341	3219.6
460	0.032540	3279.4	0.031061	3273.5	0.028741	3263.1	0.025911	3247.8
470	0.033179	3305.5	0.031681	3299.9	0.029333	3289.9	0.026470	3275.5
480	0.033809	3331.2	0.032293	3325.9	0.029915	3316.4	0.027017	3302.7
490	0.034431	3356.7	0.032895	3351.6	0.030489	3342.6	0.027556	3329.5
500	0.035045	3381.9	0.033491	3377.0	0.031054	3368.4	0.028086	3356.0
510	0.035652	3407.0	0.034079	3402.3	0.031612	3394.1	0.028608	3382.1
520	0.036253	3431.9	0.034660	3427.4	0.032164	3419.5	0.029124	3408.1
530	0.036849	3456.6	0.035236	3452.3	0.032710	3444.7	0.029633	3433.8
540	0.037439	3481.3	0.035807	3477.1	0.033250	3469.8	0.030137	3459.3

温度 t /℃	12.5MPa, t_s=327.785℃		13.5MPa, t_s=333.777℃		14.5MPa, t_s=339.425℃		15.5MPa, t_s=344.764℃	
	v'=0.0015466 v''=0.013514 /(m³/kg)	h'=1511.99 h''=2678.4 /(kJ/kg)	v'=0.0015885 v''=0.012126 /(m³/kg)	h'=1551.89 h''=2655.0 /(kJ/kg)	v'=0.0016337 v''=0.010901 /(m³/kg)	h'=1591.34 h''=2629.0 /(kJ/kg)	v'=0.0016834 v''=0.009810 /(m³/kg)	h'=630.73 h''=2600.8 /(kJ/kg)
0	0.0009940	12.64	0.0009936	13.64	0.0009931	14.64	0.0009926	15.65
10	0.0009944	54.12	0.0009940	55.08	0.0009935	56.04	0.0009931	I57.00
20	0.0009961	95.56	0.0009957	96.49	0.0009952	97.42	0.0009948	I98.35
30	0.0009988	137.00	0.0009984	137.91	0.0009980	138.81	0.0009975	139.71
40	0.0010023	178.48	0.0010019	179.36	0.0010015	180.24	0.0010011	181.11
50	0.0010066	219.99	0.0010062	220.84	0.0010058	221.70	0.0010053	I222.56
60	0.0010116	261.54	0.0010111	262.37	0.0010107	263.21	0.0010102	264.05
70	0.0010171	303.14	0.0010167	303.96	0.0010162	304.77	0.0010158	305.59
80	0.0010233	344.81	0.0010228	345.61	0.0010224	346.40	0.0010219	347.20
90	0.0010300	386.55	0.0010296	387.33	0.0010291	388.10	0.0010286	388.88
100	0.0010374	428.39	0.0010369	429.14	0.0010364	429.90	0.0010359	430.65
110	0.0010452	470.33	0.0010447	471.06	0.0010442	471.80	0.0010437	472.53
120	0.0010537	512.41	0.0010531	513.12	0.0010526	513.83	0.0010521	514.54
130	0.0010627	554.64	0.0010622	555.33	0.0010616	556.01	0.0010610	556.70
140	0.0010724	597.05	0.0010718	597.71	0.0010712	598.38	0.0010706	599.04
150	0.0010827	639.67	0.0010820	640.31	0.0010814	640.94	0.0010807	641.58
160	0.0010937	682.53	0.0010930	683.14	0.0010923	683.74	0.0010916	684.35
170	0.0011054	725.66	0.0011046	726.23	0.0011039	726.80	0.0011032	727.37
180	0.0011179	769.09	0.0011171	769.62	0.0011163	770.16	0.0011155	770.70
190	0.0011313	812.86	0.0011304	813.35	0.0011295	813.85	0.0011287	814.34
200	0.0011456	857.02	0.0011447	857.47	0.0011437	857.92	0.0011428	858.37
210	0.0011610	901.63	0.0011600	902.02	0.0011589	902.41	0.0011579	902.81
220	0.0011776	946.74	0.0011765	947.07	0.0011753	947.40	0.0011742	947.74

续表

温度 t /℃	12.5MPa, t_s=327.785℃		13.5MPa, t_s=333.777℃		14.5MPa, t_s=339.425℃		15.5MPa, t_s=344.764℃	
	v'=0.0015466 v''=0.013514 /(m³/kg)	h'=1511.99 h''=2678.4 /(kJ/kg)	v'=0.0015885 v''=0.012126 /(m³/kg)	h'=1551.89 h''=2655.0 /(kJ/kg)	v'=0.0016337 v''=0.010901 /(m³/kg)	h'=1591.34 h''=2629.0 /(kJ/kg)	v'=0.0016834 v''=0.009810 /(m³/kg)	h'=630.73 h''=2600.8 /(kJ/kg)
230	0.0011956	992.43	0.0011943	992.69	0.0011930	992.95	0.0011918	993.22
240	0.0012151	1038.8	0.0012137	1038.97	0.0012122	1039.15	0.0012108	1039.34
250	0.0012364	1085.97	0.0012348	1086.04	0.0012332	1086.12	0.0012316	1086.21
260	0.0012600	1134.06	0.0012581	1134.01	0.0012560	1133.97	0.0012544	1133.94
270	0.0012861	1183.28	0.0012839	1183.08	0.001Z817	1182.89	0.0012796	1182.72
280	0.0013154	1233.87	0.0013128	1233.47	0.0013103	1233.10	0.0013078	1232.74
290	0.0013488	1286.16	0.0013456	1285.51	0.0013426	1284.89	0.0013396	1284.31
300	0.0013875	1340.65	0.0013836	1339.66	0.0013798	1338.71	0.0013761	1337.81
310	0.0014336	1398.08	0.0014285	1396.59	0.0014236	1395.19	0.0014189	1393.85
320	0.0014905	1459.68	0.0014835	1457.44	0.0014769	1455.33	0.0014705	1453.34
330	0.013835	2697.2	0.0015548	1524.26	0.0015449	1520.94	0.0015357	1517.87
340	0.015077	2768.7	0.012994	2709.9	0.0109970	2635.8	0.0016248	1090.75
350	0.016122	2828.0	0.014134	2780.5	0.0123240	2725.8	0.010615	2660.4
360	0.017041	2879.6	0.015102	2839.7	0.013369	2795.2	0.011787	2744.6
370	0.017868	2925.6	0.015952	2891.3	0.014260	2853.8	0.012740	2812.4
380	0.018629	2967.6	0.016720	2937.3	0.015047	2904.9	0.013558	2869.8
390	0.019339	3006.4	0.017428	2979.3	0.015760	2950.7	0.014286	2920.1
400	0.020010	3042.9	0.018090	3018.3	0.016419	2992.5	0.014948	2965.4
410	0.020650	3077.5	0.018716	3054.9	0.017036	3031.4	0.015562	3006.9
420	0.021264	3110.5	0.019313	3089.7	0.017622	3068.1	0.016139	3045.7
430	0.021856	3142.3	0.019886	3123.0	0.018181	3103.0	0.016687	3082.3
440	0.022429	3173.1	0.020439	3155.0	0.018718	3136.4	0.017212	3117.2
450	0.022987	3203.0	0.020975	3186.0	0.019236	3168.6	0.017716	3150.7
460	0.023530	3232.2	0.021496	3216.2	0.019738	3199.8	0.018203	3183.1
470	0.024060	3260.7	0.022004	3245.6	0.020227	3230.2	0.018676	3214.4
480	0.024580	3288.7	0.022499	3274.4	0.020703	3259.8	0.019185	3244.9
490	0.025089	3316.2	0.022985	3302.6	0.021168	3288.8	0.019583	3274.7
500	0.025520	3343.3	0.023461	3330.4	0.021623	3317.2	0.020020	3303.9
510	0.026082	3370.0	0.023928	3357.7	0.022070	3345.2	0.020449	3332.5
520	0.026568	3396.5	0.024389	3384.7	0.022508	3372.8	0.020869	3360.7
530	0.027047	3422.7	0.024842	3411.4	0.022940	3400.0	0.021282	3388.5
540	0.027520	3448.6	0.025289	3437.8	0.023365	3426.9	0.021689	3415.9

温度 t /℃	16.5MPa, t_s=349.827℃		17.5MPa, t_s=354.638℃		18.5MPa, t_s=359.220℃		20.0MPa, t_s=365.702℃	
	v'=0.0017390 v''=0.008832 /(m³/kg)	h'=1670.53 h''=2568.8 /(kJ/kg)	v'=0.0018031 v''=0.0079264 /(m³/kg)	h'=1713.3 h''=2633.3 /(kJ/kg)	v'=0.0018806 v''=0.0070826 /(m³/kg)	h'=1756.5 h''=2493.1 /(kJ/kg)	v'=0.0020370 v''=0.0058766 /(m³/kg)	h'=1826.5 h''=2418.4 /(kJ/kg)
0	0.0009921	16.65	0.0009916	17.6	0.0009911	18.6	0.0009904	20.1
10	0.0009926	57.96	0.0009922	58.9	0.0009917	59.9	0.0009910	61.3
20	0.0009944	99.28	0.0009939	100.2	0.0009935	101.1	0.0009929	102.5
30	0.0009971	140.61	0.0009967	141.5	0.0009963	142.4	0.0009956	143.8
40	0.0010006	181.99	0.0010002	182.9	0.0009998	183.7	0.0009972	185.1
50	0.0010049	223.41	0.0010045	224.3	0.0010041	225.1	0.0010034	226.4
60	0.0010098	264.88	0.0010094	265.7	0.0010090	266.6	0.0010083	267.8
70	0.0010153	306.41	0.0010149	307.2	0.0010145	308.0	0.0010138	309.3
80	0.0010215	347.99	0.0010210	348.8	0.0010206	349.6	0.0010199	350.8
90	0.0010281	389.65	0.0010277	390.4	0.0010272	391.2	0.0010265	392.4
100	0.0010354	431.41	0.0010349	432.2	0.0010344	432.9	0.0010337	434.0

续表

温度 t /℃	16.5MPa, t_s=349.827℃		17.5MPa, t_s=354.638℃		18.5MPa, t_s=359.220℃		20.0MPa, t_s=365.702℃	
	v'=0.0017390 v''=0.008832 /(m³/kg)	h'=1670.53 h''=2568.8 /(kJ/kg)	v'=0.0018031 v''=0.0079264 /(m³/kg)	h'=1713.3 h''=2633.3 /(kJ/kg)	v'=0.0018806 v''=0.0070826 /(m³/kg)	h'=1756.5 h''=2493.1 /(kJ/kg)	v'=0.0020370 v''=0.0058766 /(m³/kg)	h'=1826.5 h''=2418.4 /(kJ/kg)
110	0.0010432	473.26	0.0010427	474.0	0.0010422	474.7	0.0010414	475.8
120	0.0010515	515.25	0.0010510	516.0	0.0010505	516.7	0.0010497	517.7
130	0.0010604	557.39	0.0010599	558.1	0.0010593	558.8	0.0010585	559.8
140	0.0010700	599.70	0.0010694	600.4	0.0010688	601.0	0.0010679	602.0
150	0.0010801	642.21	0.0010795	642.9	0.0010788	643.5	0.0010779	644.4
160	0.0010909	684.95	0.0010902	685.6	0.0010896	686.2	0.0010886	687.1
170	0.0011024	727.95	0.0011017	728.5	0.0011010	729.1	0.0010999	730.0
180	0.0011147	771.23	0.0011139	771.8	0.0011132	772.3	0.0011120	773.1
190	0.0011278	814.84	0.0011270	815.3	0.0011262	815.8	0.0011249	816.6
200	0.0011419	858.82	0.0011410	859.3	0.0011400	859.7	0.0011387	860.4
210	0.0011569	903.21	0.0011559	903.6	0.0011549	904.0	0.0011534	904.6
220	0.0011731	948.08	0.0011720	948.4	0.0011709	948.8	0.0011693	949.3
230	0.0011905	993.49	0.0011893	993.9	0.0011881	994.1	0.0011863	994.5
240	0.0012095	1039.54	0.0012081	1039.7	0.0012067	1039.9	0.0012047	1040.3
250	0.0012301	1086.31	0.0012285	1086.4	0.0012270	1086.5	0.0012247	1086.7
260	0.0012526	1133.93	0.0012509	1133.9	0.0012491	1133.9	0.0012466	1134.0
270	0.0012776	1182.56	0.0012755	1182.4	0.0012735	1182.3	0.0012706	1182.1
280	0.0013053	1232.41	0.0013029	1232.1	0.0013006	1231.8	0.0012971	1231.4
290	0.0013366	1283.75	0.0013338	1283.2	0.0013310	1282.7	0.0013269	1282.0
300	0.0013725	1336.96	0.001369	1336.1	0.0013656	1335.4	0.0013606	1334.3
310	0.0014143	1392.58	0.0014099	1391.4	0.0014056	1390.2	0.0013994	1388.6
320	0.0014644	1451.40	0.0014586	1449.7	0.0014531	1448.0	0.0014451	1445.6
330	0.0015270	1515.01	0.0015189	1512.3	0.0015112	1509.8	0.0015004	1506.4
340	0.0016108	1586.0	0.001598	1581.7	0.0015863	1577.8	0.0015704	1572.5
350	0.008866	2571.7	0.0017158	1663.6	0.0016938	1656.4	0.0016662	1647.2
360	0.010304	2686.0	0.0088639	2614.8	0.0072669	2510.8	0.0018269	1742.9
370	0.011349	2766.1	0.0100529	2713.5	0.0088174	2652.5	0.0069078	2527.6
380	0.012215	2831.6	0.0109854	2789.4	0.0098435	2742.4	0.0082458	2660.2
390	0.012966	2887.4	0.0117709	2852.2	0.0106764	2813.9	0.0091805	2749.3
400	0.013638	2936.7	0.0124600	2906.3	0.0113900	2873.8	0.0099470	2820.5
410	0.014254	2981.3	0.0130820	2954.4	0.0120236	2926.1	0.0106079	2880.4
420	0.014827	3022.5	0.0136554	2998.3	0.0126006	2973.0	0.0111974	2932.9
430	0.015368	3061.0	0.0141920	3039.0	0.0131358	3016.1	0.0117359	2980.2
440	0.015883	3097.5	0.0146995	3077.2	0.0136388	3056.3	0.0122361	3023.7
450	0.016376	3132.4	0.0151835	3113.6				
460	0.016850	3165.9	0.0156479	3148.4				
470	0.017309	3198.3	0.0160956	3181.9				
480	0.017754	3229.8	0.0165288	3214.3				
490	0.018187	3260.4	0.0169494	3245.8				
500	0.018610	3290.3	0.0173589	3276.5				
510	0.019023	3319.7	0.0177584	3306.6				
520	0.019427	3348.5	0.0181490	3336.0				
530	0.019824	3376.8	0.0185317	3365.0				
540	0.020214	3404.7	0.0189072	3393.5				

续表

22.0MPa，t_s=373.692℃								
温度 t /℃	v'=0.0026713 v''=0.0037279 /(m³/kg)	h'=2011.1 h''=2195.6 /(kJ/kg)	温度 t /℃	v'=0.0026713 v''=0.0037279 /(m³/kg)	h'=2011.1 h''=2195.6 /(kJ/kg)	温度 t /℃	v'=0.0026713 v''=0.0037279 /(m³/kg)	h'=2011.1 h''=2195.6 /(kJ/kg)
0	0.0009895	22.1	150	0.0010767	645.7	300	0.0013543	1332.9
10	0.0009901	63.2	160	0.0010872	688.3	310	0.0013916	1386.6
20	0.0009920	104.4	170	0.0010985	731.1	320	0.0014351	1442.8
30	0.0009948	145.6	180	0.0011105	774.2	330	0.0014872	1502.2
40	0.0009983	186.8	190	0.0011233	817.6	340	0.0015516	1566.2
50	0.0010026	228.1	200	0.0011369	861.4	350	0.0016361	1637.2
60	0.0010075	269.5	210	0.0011515	905.5	360	0.0017619	1722.0
70	0.0010129	310.9	220	0.0011671	950.0	370	0.0020326	1842.3
80	0.0010190	352.4	230	0.0011840	995.1	380	0.0061105	2504.4
90	0.0010256	393.9	240	0.0012021	1040.7	390	0.0073771	2645.9
100	0.0010327	435.6	250	0.0012218	1087.0	400	0.0082510	2738.8
110	0.0010404	477.3	260	0.0012432	1134.0	410	0.0089689	2812.6
120	0.0010486	519.2	270	0.0012667	1182.0	420	0.0095883	2874.6
130	0.0010574	561.2	280	0.0012927	1230.9	430	0.0101406	2928.8
140	0.0010667	603.4	290	0.0013216	1281.2	440	0.0106446	2977.5

温度 t /℃	24MPa		26MPa		28MPa		30MPa	
	v /(m³/kg)	h /(kJ/kg)	v /(m³/kg)	h /(kJ/kg)	v /(m³/kg)	h /(kJ/kg)	v /(m³/kg)	h /(kJ/kg)
0	0.0009885	24.1	0.0009876	26.1	0.0009867	28.0	0.0009857	30.0
10	0.0009893	65.1	0.0009884	67.0	0.0009875	68.9	0.0009866	70.8
20	0.0009911	106.2	0.0009903	108.1	0.0009895	109.9	0.0009880	111.7
30	0.0009939	147.4	0.0009931	149.2	0.0009923	150.9	0.0009915	152.7
40	0.0009975	188.6	0.0009967	190.3	0.0009959	192.1	0.0009951	193.8
50	0.0010018	229.8	0.0010009	231.5	0.0010001	233.2	0.0009993	236.0
60	0.0010066	271.1	0.0010058	272.8	0.0100049	274.5	0.0010041	276.1
70	0.0010121	312.5	0.0010112	314.1	0.0010104	315.8	0.0010095	317.4
80	0.0010181	354.0	0.0010172	355.6	0.0010163	357.1	0.0010155	358.7
90	0.0010247	395.5	0.0010237	397.0	0.0010228	398.6	0.0010219	400.1
100	0.0010318	437.1	0.0010308	438.6	0.0010299	440.1	0.0010289	441.6
110	0.0010394	478.8	0.0010384	480.3	0.0010374	481.7	0.0010364	483.2
120	0.0010476	520.6	0.0010465	522.0	0.0010455	523.5	0.0010445	524.9
130	0.0010563	562.6	0.0010552	564.0	0.0010541	565.4	0.0010530	566.7
140	0.0010656	604.7	0.0010644	606.0	0.0010633	607.4	0.0010621	608.7
150	0.0010754	647.0	0.0010742	648.3	0.0010730	649.6	0.0010718	650.9
160	0.0010859	689.5	0.0010846	690.8	0.0010834	692.0	0.0010821	693.3
170	0.0010971	732.3	0.0010957	733.5	0.0010944	734.7	0.0010930	735.9
180	0.0011090	775.3	0.0011075	776.4	0.0011060	777.6	0.0011046	778.7
190	0.0011217	818.7	0.0011201	819.7	0.0011185	820.7	0.0011169	821.8
200	0.0011352	862.3	0.0011334	863.3	0.0011317	864.2	0.0011301	865.2
210	0.0011496	906.3	0.0011477	907.2	0.0011459	908.1	0.0011440	909.0
220	0.0011651	950.8	0.0011630	951.5	0.0011616	952.3	0.0011590	953.1
230	0.0011817	995.7	0.0011794	996.4	0.0011772	997.0	0.0011750	997.7
240	0.0011996	1041.2	0.0011970	1041.7	0.0011946	1042.2	0.0011922	1042.8
250	0.0012189	1087.3	0.0012161	1087.7	0.0012134	1088.0	0.0012107	1088.4
260	0.0012400	1134.2	0.0012368	1134.3	0.0012337	1134.5	0.0012307	1134.7
270	0.0012630	1181.8	0.0012594	1181.8	0.0012559	1181.7	0.0012525	1181.8
280	0.0012884	1230.5	0.0012842	1230.2	0.0012802	1229.9	0.0012763	1229.7

续表

温度 t /℃	24MPa		26MPa		28MPa		30MPa	
	v /(m^3/kg)	h /(kJ/kg)	v /(m^3/kg)	h /(kJ/kg)	v /(m^3/kg)	h /(kJ/kg)	v /(m^3/kg)	h /(kJ/kg)
290	0.0013166	1280.4	0.0013117	1279.7	0.0013076	1279.1	0.0013025	1278.6
300	0.0013482	1331.7	0.0013424	1330.6	0.0013369	1329.6	0.0013316	1328.7
310	0.0013842	1384.8	0.0013772	1383.1	0.0013705	1381.6	0.0013642	1380.3
320	0.0014259	1440.1	0.0014171	1437.8	0.0014089	1435.6	0.0014012	1433.6
330	0.0014751	1498.5	0.0014639	1495.1	0.0014531	1492.0	0.0014438	1489.2
340	0.0015350	1560.8	0.0015200	1555.9	0.0015064	1551.0	0.0014939	1547.7
350	0.0016111	1628.8	0.0015896	1621.7	0.0015708	1615.5	0.0015540	1610.1
360	0.0017166	1707.2	0.0016815	1695.6	0.0016528	1686.1	0.0016285	1678.1
370	0.0018935	1801.6	0.0018190	1778.4	0.0017673	1761.9	0.0017275	1749.0
380	0.0026917	2044.0	0.0020967	1903.0	0.0019550	1862.4	0.0018737	1837.7
390	0.0056030	2500.5	0.0035338	2241.2	0.0024359	2032.6	0.0021438	1958.1
400	0.0067392	2641.2	0.0052812	2511.7	0.0038219	2330.7	0.0028306	2161.8
410	0.0075401	2734.7	0.0062668	2644.6	0.0050692	2532.2	0.0039561	2394.5
420	0.0082048	2809.5	0.0069916	2736.5	0.0059125	2654.3	0.0049215	2558.0
430	0.0087814	2872.6	0.0076020	2811.0	0.0065640	2743.2	0.0056423	2668.8
440	0.0092971	2927.9	0.0081360	2874.4	0.0071217	2816.5	0.0062270	2754.0

注：1. t_s代表水的饱和温度；v'代表饱和水的比体积；v''代表饱和水蒸气的比体积；h'代表饱和水的比焓；h''代表饱和水蒸气的比焓。

2. 横线上方为不饱和过冷水区的过冷水比体积和比焓；横线下方为过热蒸气区的过热蒸气比体积和比焓。

表 1.14.2 水和重水的临界值和偏心因子

名　　称	分子式	t_c/℃	ρ_k/kPa	ρ_c/(kg/m^3)	V_c/(cm^3/mol)	Z_c	ω
水	H_2O	374.15	22.043	323	56.0	0.229	0.344
重水	D_2O	371.50	21.658	338	55.6	0.225	
水蒸气	H_2O	374.00	22.053	400			

表 1.14.3 水的折射率

温度/℃	折射率	温度/℃	折射率	温度/℃	折射率	温度/℃	折射率
0	1.33401	26	1.33241	52	1.32860	78	1.32332
2	1.33358	28	1.33219	54	1.32827	80	1.32287
4	1.33391	30	1.33192	56	1.32792	82	1.32241
6	1.33385	32	1.33164	58	1.32755	84	1.32195
8	1.33378	34	1.33136	60	1.32718	86	1.32148
10	1.33369	36	1.33107	62	1.32678	88	1.32100
12	1.33359	38	1.33079	64	1.32636	90	1.32050
14	1.33348	40	1.33051	66	1.32596	92	1.32000
16	1.33333	42	1.33023	68	1.32555	94	1.31949
18	1.33317	44	1.32992	70	1.32511	96	1.31897
20	1.33299	46	1.32959	72	1.32466	98	1.31842
22	1.33281	48	1.32927	74	1.32421	100	1.31783
24	1.33262	50	1.32894	76	1.32376		

表 1.14.4　水的可压缩性

压　强 /MPa	温　　度/℃						
	−10	0	10	20	40	60	80
0	1.0017	1.0000	1.0001	1.0016	1.0076	1.0168	1.0287
50	0.9791	0.9770	0.9781	0.9807	0.9869	0.9970	1.0074
100	0.9586	0.9571	0.9596	0.9623	0.9693	0.9784	0.9889
150	0.9406	0.9400	0.9430	0.9462	0.9535	0.9623	0.9723
200	0.9231	0.9248	0.9284	0.9319	0.9393	0.9479	0.9575
250	0.9091	0.9120	0.9155	0.9191	0.9265	0.9351	0.9445
300	0.8971	0.9002	0.9037	0.9074	0.9148	0.9234	0.9324
350	0.8862	0.8893	0.8928	0.8965	0.9039	0.9125	0.9213
400	0.8761	0.8793	0.8828	0.8865	0.8941	0.9022	0.9107
450	0.8668	0.8702	0.8735	0.8772	0.8848	0.8929	0.9012
500	0.8583	0.8617	0.8650	0.8686	0.8763	0.8843	0.8924
600		0.8463	0.8493	0.8528	0.8607	0.8685	0.8764
700			0.8352	0.8387	0.8468	0.8546	0.8622
800				0.8229	0.8342	0.8420	0.8495
900				0.8145	0.8231	0.8309	0.8383
1000				0.8033	0.8132	0.8209	0.8281
1100					0.8036	0.8114	0.8185
1200					0.7945	0.8023	0.8094

表 1.14.5　饱和水的拉氏系数　　单位：mm

温度/℃	0.01	10	20	30	40	50	60	70	80	90
b	2.777	2.752	2.727	2.701	2.675	2.648	2.620	2.592	2.563	2.533
温度/℃	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
b	2.502	2.470	2.437	2.403	2.368	2.331	2.292	2.252	2.211	2.167
温度/℃	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
b	2.121	2.073	2.022	1.968	1.912	1.851	1.788	1.719	1.646	1.568
温度/℃	300	310	320	330	340	350	360	370	374.2	
b	1.484	1.393	1.294	1.184	1.061	0.915	0.733	0.441	0	

表 1.14.6　1kg 海水的平均化学成分

成分	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Br	C
含量	0.3μg	540ng	1.7μg	6ng	4.5mg	14μg	67mg	27.6mg
成分	Ca	Cd	Cl	Cs	Cu	F	Fe	Hg
含量	412mg	80ng	19.35g	0.29μg	0.25μg	1.3mg	55ng	1ng
成分	I	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	N
含量	50ng	399mg	0.3μg	174μg	1.29g	14ng	0.5μg	420μg
成分	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Sc	Se
含量	10.77g	0.50μg	70μg	2ng	120μg	904mg	40ng	4μg
成分	Si	Sr	Th	U	V	Y	Zn	H_2O
含量	2.8mg	7.9mg	<0.5μg	3.3μg	0.3μg	0.3μg	0.40μg	余量

1.15 水质标准

表 1.15.1 生活饮用水的质量指标（GB 5749—2006）

项目		限值
微生物	总大肠菌群/(MPN/100mL)或(CFU/100mL)	不得检出
	耐热大肠菌群/(MPN/100mL)或(CFU/100mL)	不得检出
	大肠埃希菌/(MPN/100mL)或(CFU/100mL)	不得检出
	菌落总数/(CFU/mL)	100
毒理/(mg/L)	砷	0.01
	锡	0.005
	铬(六价)	0.05
	铅	0.01
	汞	0.001
	硒	0.01
	氰化物	0.05.
	氟化物	1.0
	硝酸盐(以 N 计)	10,地下水源限制为 2
	三氯甲烷	0.06
	四氯化碳	0.002
	溴酸盐(使用臭氧时)	0.01
	甲醛(使用臭氧时)	0.9
	亚氯酸盐(使用二氧化氯消毒时)	0.7
	氯酸盐(使用复合二氧化氯消毒时)	0.7
感官性状和理化数据	色度(铂-钴色度单位)	15
	浑浊度(散射浑浊度单位)/NTU	1(水源与净水技术条件限制为 3)
	臭和味	无异臭、异味
	肉眼可见物	无
	pH 值	不小于 6.5 且不大于 8.5
	铝/(mg/L)	0.2
	铁/(mg/L)	0.3
	锰/(mg/L)	0.1
	铜/(mg/L)	1.0
	锌/(mg/L)	1.0
	氯化物/(mg/L)	250
	硫酸盐/(mg/L)	250
	溶解性总固体/(mg/L)	1000
	总硬度(以 $CaCO_3$ 计)/(mg/L)	450
	耗氧量(COD_{Mn}法,以 O 计)/(mg/L)	3(水源限制),原水耗氧量>6mg/L 时为 5
	挥发酚类(以苯酚计)/(mg/L)	0.002
	弱离子合成洗涤剂/(mg/L)	0.3
放射性(指导值)	总 α 放射性	0.5
	总 β 放射性	1

注：1. MPN 表示最可能数；CFU 表示菌落形成单位。当水样检出总大肠菌群时，应进一步检验大肠埃希菌或耐热大肠菌群（水样未检出总大肠菌群，不必检验）。

2. 放射性指标超过指导值，应进行核素分析和评价，判定能否饮用。

表 1.15.2 饮用天然矿泉水（GB 8537—2008）

	项目		指标
感官	色度/度	≤	15(不得呈现其他异色)
	浑浊度/NTU	≤	5
	嗅和味		具有矿泉水特征口味,不得有异臭、异味
	可见物		允许有极少量的天然矿物盐沉淀,但不得含其他异物

续表

	项目			指标		
理化(1)(一项或多项符合)	锂/(mg/L)	≥		0.20		
	锶/(mg/L)	≥		0.20(含量在 0.20～0.40mg/L 时，水源水水温应在 25℃以上)		
	锌/(mg/L)	≥		0.20		
	碘化物/(mg/L)	≥		0.20		
	偏硅酸/(mg/L)	≥		25.0(含量在 25～30mg/L 时，水源水水温应在 25℃以上)		
	硒/(mg/L)	≥		0.01		
	游离二氧化碳/(mg/L)	≥		250		
	溶解性总固体/(mg/L)	≥		1000		
理化(2)	硒/(mg/L)	<	0.05	锰/(mg/L)	<	0.4
	锑/(mg/L)	<	0.005	镍/(mg/L)	<	0.02
	砷/(mg/L)	<	0.01	银/(mg/L)	<	0.05
	铜/(mg/L)	<	1.0	溴酸盐/(mg/L)	<	0.01
	钡/(mg/L)	<	0.7	硼酸盐(以 B 计)/(mg/L)	<	5
	镉/(mg/L)	<	0.003	硝酸盐(以 CN^- 计)	<	45
	铬/(mg/L)	<	0.05	氟化物 (以 F^- 计)	<	1.5
	铅/(mg/L)	<	0.01	耗氧量(以 O_2 计)	<	3.0
	汞/(mg/L)	<	0.001	^{234}Ra 放射性(Bq/L)	<	1.1
污染物	氯化物/(mg/L)	<	0.010	挥发酚(以苯酚计)/(mg/L)	<	0.002
	矿物油/(mg/L)	<	0.05	阴离子合成洗涤剂/(mg/L)	<	0.3
	总 β 放射性/(Bq/L)	<	1.50	亚硝酸盐(以 NO_2^- 计)/(mg/L)	<	0.1
第一次微生物检验	大肠菌群/(MPN/100mg)		0	铜绿假单胞菌/(CFU/250mg)		0
	粪链球菌/(CFU/250mg)		0	产气荚膜梭菌/(CFU/50mg)		0

注：1. 取样 1×250mL（产气荚膜梭菌取样 1×50mL）进行第一次检验，若符合要求，报告为合格。

2. 检测结果大于等于 1 并小于 2 时，应按第二次检验指标采取 *n* 个样品进行第二次检验。

3. 检测结果大于等于 2 时，报告为“不合格”。

附：第二次检验指标

项目	样品数		限量	
	n	*C*	*m*	*M*
大群菌数	4	1	0	2
粪链球菌	4	1	0	2
铜绿假单胞菌	4	1	0	2
产气荚膜梭菌	4	1	0	2

注：*n* 为一批产品应采集的样品件数。

C 为最大允许可超出 *m* 值的样品数，超出该数值判为不合格。

m 为每 250mL（或 50mL）样品中最大允许可接受水平的限量值（CFU)。

M 为每 250mL（或 50mL）样品中不可接受的微生物限量值（CFU）等于或高于 *M* 值的样品均为不合格。

表 1.15.3 分析实验室用水（GB 6682—2008）

项目		指标		
		一级	二级	三级
pH 值范围(25℃)		—	—	5.0～7.5
电导率(25℃)/(mS/m)	≤	0.01	0.10	0.50
可氧化物质含量(以 O 计)/(mg/L)	≤	—	0.08	0.4
吸光度(254nm,1cm 光程)	≤	0.001	0.01	2.0
蒸发残渣(105℃±2℃)含量/(mg/L)	≤	—	1.0	2.0
可溶性硅(以 SiO_2 计)含量/(mg/L)	≤	0.01	0.02	—

注：一级水用于有严格要求的分析试验，包括对颗粒有要求的试验，如高效液相色谱分析用水；二级水用于无机痕量分析等试验，如原子吸收光谱分析用水；三级水用于一般化学分析试验。

表 1.15.4 电子超纯水的质量指标（GB/T 1146.1—1997）

项 目		EW-Ⅰ	EW-Ⅱ
电阻率(25℃)/(MΩ·cm)		≥18(95%时间,≥17)	≥15(95%时间,≥13)
硅/(μg/L)	≤	2	10
大于1μm微粒数/(个/mL)	≤	0.1	5
细菌个数/(个/mL)	≤	0.01	0.1
铜/(μg/L)	≤	0.2	1
锌/(μg/L)	≤	0.2	1
镍/(μg/L)	≤	0.1	1
钠/(μg/L)	≤	0.5	2
钾/(μg/L)	≤	0.5	2
氯/(μg/L)	≤	1	1
硝酸根/(μg/L)	≤	1	1
磷酸根/(μg/L)	≤	1	1
硫酸根/(μg/L)	≤	1	1
总有机碳/(μg/L)	≤	20	100

注：用于电子元件及集成电路。

表 1.15.5 重氧（^{18}O）水的质量指标（HG/T 3930—2007）

项 目		指 标	
		低含量	高含量
^{18}O同位素含量(摩尔分数)/%	≥	10.0	95.0
纯度(以电导率表示,25℃)/(μS/cm)	≤	3.00	3.00

表 1.15.6 地面水的质量指标（GB 3838—2002）

项 目	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类
水温/℃	人为造成的环境水温变化应限制在:周平均最大温升为1℃,周平均最大温降为2℃				
pH值	6～9				
溶解氧/(mg/L)	饱和率90%(或7.5)	6	5	3	2
高锰酸盐指数/(mg/L)	2	4	6	10	15
化学需氧量(COD)/(mg/L)	15	15	20	30	40
5日生化需氧量(BOD_5)/(mg/L)	3	3	4	6	10
氨氮(NH_3-N)/(mg/L)	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0
总磷(以P计)江、河/湖、库/(mg/L)	0.02/0.01	0.1/0.025	0.2/0.05	0.3/0.1	0.4/0.2
总氮(湖、库以N计)/(mg/L)	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
铜/(mg/L)	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0
锌/(mg/L)	0.05	1.0	1.0	20	2.0
氟化物(以F^-计)/(mg/L)	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
硒/(mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
砷/(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
汞/(mg/L)	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
镉/(mg/L)	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
铬(六价)/(mg/L)	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
铅/(mg/L)	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1
氰化物/(mg/L)	0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
挥发酚/(mg/L)	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
石油类/(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
阴离子表面活性剂/(mg/L)	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
硫化物/(mg/L)	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
粪大肠菌群/(个/L)	200	2000	10000	20000	40000

注：类别主要适用于：Ⅰ类——源头水、国家自然保护区；Ⅱ类——集中式生活饮用水水源地一级保护区、珍贵鱼类保护区、鱼虾产卵场等；Ⅲ类——集中式生活饮用水水源地二级保护区、一般鱼类保护区及游泳区；Ⅳ类——一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；Ⅴ类——农业用水区及一般景观要求水域（同一水域兼有多类功能的依最高功能划分类别；有季节性功能的可分季划分类别）。

表 1.15.7 地下水的质量指标（GB/T 14848—93）

项 目	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类
色/度	≤5	≤5	≤15	≤25	>25
嗅和味	无	无	无	无	有
浑浊度/度	≤3	≤3	≤3	≤10	>10
肉眼可见物	无	无	无	无	有
pH 值	6.5～8.5	6.5～8.5	6.5～8.5	55～6.5 8.5～9	<5.5 >9
总硬度(以 $CaCO_3$ 计)/(mg/L)	≤150	≤300	≤450	≤550	>550
溶解性总固体/(mg/L)	≤300	≤500	≤1000	≤2000	>2000
硫酸盐/(mg/L)	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
氯化物/(mg/L)	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
铁(Fe)/(mg/L)	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤1.5	>1.5
锰(Mn)/(mg/L)	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1.0	>1.0
钢(Cu)/(mg/L)	≤0.01	≤0.05	≤1.0	≤1.5	>1.5
锌(Zn)/(mg/L)	≤0.05	≤0.5	≤1.0	≤5.0	>5.0
钼(Mo)/(mg/L)	≤0.001	≤0.01	≤0.1	≤0.5	>0.5

注：标准中Ⅰ类主要反映地下水化学组分的天然低背景含量，适用于各种用途；Ⅱ类主要反映地下水化学组分的天然背景含量，也适用于各种用途。Ⅲ类以人体健康基准值为依据，主要适用于集中式生活饮用水水源及工、农业用水；Ⅳ类以农业和工业用水要求为依据，除适用于农业和部分工业用水外，适当处理后可作生活饮用水；Ⅴ类主要适用于农业用水、一般景观用水。

附：GB/T 14848—2009 报批稿如下。

附表 1 地下水质量常规指标及限值（GB/T 14848—2009 报批稿）

指 标		指 标				
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类
感官性状	色度(铂-钴单位)	≤5	≤5	≤15	≤25	>25
	嗅和味	无	无	无	无	有
	浑浊度(NTU-散射浊度单位)	≤3	≤3	≤3	≤10	>10
	肉眼可见物	无	无	无	无	有
一般化学指标(除 pH 值外单位为 mg/L)	pH 值	6.5～8.5	6.5～8.5	6.5～8.5	5.5～6.5 8.5～9	<5.5 或>9
	总硬度(以 $CaCO_3$ 计)	≤150	≤300	≤450	≤650	>650
	溶解性总固体	≤300	≤500	≤1000	≤2000	>2000
	硫酸盐	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
	氯化物	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
	铁	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤2.0	>2.0
	锰	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1.5	>1.5
	铜	≤0.01	≤0.05	≤1.0	≤1.5	>1.5
	锌	≤0.05	≤0.5	≤1.0	≤5.0	>5.0
	铝	≤0.005	≤0.05	≤0.2	≤0.5	>0.5
	挥发性酚类(以苯酚计)	≤0.001	≤0.001	≤0.002	≤0.01	>0.01
	阴离子合成洗涤剂	不得检出	≤0.1	≤0.3	≤0.3	>0.3
	耗氧量(COD_{Mn}法，以 O_2 计)	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤10	>10
	氨氮(以 N 计)	≤0.05	≤0.05	≤0.5	≤1	>1
	硫化物	≤0.02	≤0.02	≤0.02	≤0.2	>0.2
	钠	≤200	≤200	≤200	≤300	>300
微生物指标	总大肠菌群/(MPN/100mL)或(CFU/100mL)	不得检出	不得检出	不得检出	≤10	>10
	菌落总数(CFU/mL)	≤100	≤100	≤100	≤500	>500

续表

指　　标		指　　标				
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类
毒理学指标/(mg/L)	亚硝酸盐(以N计)	≤0.001	≤0.01	≤0.02	≤0.1	>0.1
	硝酸盐(以N计)	≤2.0	≤5.0	≤20	≤30	>30
	氰化物	≤0.001	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
	氟化物	≤0.2	≤0.5	≤1.0	≤1.5	>1.5
	碘化物	≤0.0004	≤0.0004	≤0.004	≤0.008	>0.008
	汞	≤0.00005	≤0.0005	≤0.001	≤0.001	>0.001
	砷	≤0.005	≤0.005	≤0.01	≤0.05	>0.05
	硒	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.1	>0.1
	镉	≤0.0001	≤0.001	≤0.005	≤0.01	>0.01
	铬(六价)	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
	铅	≤0.005	≤0.005	≤0.01	≤0.1	>0.1
	三氯甲烷	≤0.0005	≤0.006	≤0.06	≤0.3	>0.3
	四氯化碳	≤0.0005	≤0.0005	≤0.002	≤0.02	>0.02
放射性指标	总α放射性/(Bq/L)	≤0.1	≤0.1	≤0.5	>0.5	>0.5
	总β放射性/(Bq/L)	≤0.1	≤1.0	≤1.0	>1.0	>1.0

注：1. MPN表示最可能数；CFU表示菌落形成单位。当水样检出总大肠菌群时，应进一步检验大肠埃希菌或耐热大肠菌群；水样未检出总大肠菌群时，不必检验大肠埃希菌或耐热大肠菌群。

2. 放射性指标超过指导值，应进行核素分析和评价，判定能否饮用。

3. Ⅰ类地下水化学组分含量低，适用于各种用途；Ⅱ类地下水化学组分含量较低，适用于各种用途；Ⅲ类以生活饮用水卫生标准为依据，主要适用于集中式生活饮用水水源及工农业用水；Ⅳ类以农业和工业用水质量要求以及一定水平的人体健康风险为依据，适用于农业和部分工业用水，适当处理后可作生活饮用水；Ⅴ类不宜作生活饮用水，其他用水可根据使用目的选用。

附表2　地下水质量毒理学指标及限值（GB/T 14848—2009报批稿）

指　　标	单位	指　　标				
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类
铍	mg/L	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.05	>0.05
硼		≤0.1	≤0.1	≤0.5	≤2	>2
锑		≤0.001	≤0.001	≤0.005	≤0.05	>0.05
钡		≤0.01	≤0.1	≤0.7	≤4.0	>4.0
镍		≤0.005	≤0.01	≤0.02	≤0.1	>0.1
钴		≤0.01	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
钼		≤0.001	≤0.01	≤0.07	≤0.5	>0.5
银		≤0.01	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
铊		≤0.00002	≤0.00002	≤0.0001	≤0.001	>0.001
1,1,1-三氯乙烷	μg/L	≤400	≤400	≤2000	≤4000	>4000
三氯乙烯		≤0.5	≤7	≤70	≤210	>210
四氯乙烯		≤0.5	≤4	≤40	≤300	>300
二氯甲烷		≤1	≤2	≤20	≤500	>500
1,2-二氯乙烷		≤0.5	≤3	≤30	≤40	>40
1,1,2-三氯乙烷		≤0.5	≤0.5	≤5	≤10	>10
1,2-二氯丙烷		≤0.5	≤0.5	≤5	≤60	>60
三溴甲烷		≤1	≤10	≤100	≤800	>800
氯乙烯		≤0.5	≤0.5	≤5	≤90	>90
1,1-二氯乙烯		≤0.5	≤3	≤30	≤1500	>1500
1,2-二氯乙烯		≤0.5	≤5	≤50	≤300	>300
氯苯		≤0.5	≤30	≤300	≤600	>600
邻二氯苯		≤0.5	≤100	≤1000	≤2700	>2700

续表

指　　标	单位	指　　标				
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类
对二氯苯	μg/L	≤0.5	≤30	≤300	≤3000	>3000
三氯苯(总量)		≤0.5	≤2	≤20	≤180	>180
苯		≤0.5	≤1	≤10	≤100	>100
甲苯		≤0.5	≤70	≤700	≤6000	>6000
乙苯		≤0.5	≤30	≤300	≤3000	>3000
二甲苯		≤0.5	≤50	≤500	≤6000	>6000
苯乙烯		≤0.5	≤2	≤20	≤6000	>6000
2,4-二硝基甲苯		≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.1	>0.1
2,6-二硝基甲苯		≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.1	>0.1
萘		0.002	≤10	≤100	≤200	>200
蒽		≤60	≤60	≤300	≤600	>600
荧蒽		≤80	≤80	≤400	≤800	>800
苯并[β]荧蒽		0.002	≤0.02	≤0.2	≤0.4	>0.4
苯并[α]芘		≤0.002	≤0.002	≤0.01	≤0.5	>0.5
多氯联苯总量		≤0.01	≤0.01	≤0.03	≤0.06	>0.06
六六六(总量)		≤0.01	≤0.5	≤5	≤10	>10
γ-六六六(林丹)		≤0.01	≤0.2	≤2	≤9	>9
滴滴涕(总量)		≤0.01	≤0.1	≤1	≤150	>150
六氯苯		≤0.005	≤0.1	≤1	≤2	>2
七氯		≤0.01	≤0.04	≤0.4	≤0.8	>0.8
莠去津		≤0.5	≤0.5	≤2	≤1050	>1050
五氯酚		≤0.1	≤0.9	≤9	≤30	>30
2,4,6-三氯酚		≤0.1	≤20	≤200	≤300	>300
二-(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯		≤1.6	≤1.6	≤8	≤300	>300
克百威		≤1.4	≤1.4	≤7	≤150	>150
涕灭威		≤0.6	≤0.6	≤3	≤30	>30
敌敌畏		≤0.05	≤0.1	≤1	≤2	>2
甲基对硫磷		≤0.1	≤2	≤20	≤40	>40
马拉硫磷		≤50	≤50	≤250	≤600	>600
乐果		≤16	≤16	≤80	≤160	>160
百菌清		≤2	≤2	≤10	≤150	>150
2,4-滴		≤0.5	≤6	≤30	≤300	>300
毒死蜱		≤6	≤6	≤30	≤90	>90
草甘膦		≤25	≤70	≤700	≤3000	>3000

注：多氯联苯的总量是以aroclor1242、1248、1254、1260四种工业品混合物为标准物质检测到的多氯联苯总量。

表1.15.8　海水的质量指标（GB 3097—1997）（未注明项单位为mg/L）

项　　目	第一类	第二类	第三类	第四类
漂浮物质	海面不得出现膜、浮沫和其他漂浮物质			海面无明显油膜、浮沫和其他漂浮物质
色、臭、味	海水不得有异色、异臭、异味			不得有令人厌恶和感到不快的色、臭、味
悬浮物质(人为增加的量)	10	10	100	150
大肠菌群/(个/L)	10000(供人生食的贝类增养殖水质为700)			—
粪大肠菌群/(个/L)	2000(供人生食的贝类增养殖水质为140)			—

续表

项目		第一类	第二类	第三类	第四类
病原体		供人生食的贝类养殖水质不得含有病原体			
水温		人为造成的海水温升；夏季不超过当时当地 1℃，其他季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃	
pH 值		7.8～8.5，同时不超出该海域正常变动范围的 0.2pH 单位		6.8～8.8，同时不超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位	
溶解氧	>	6	5	4	3
化学需氧量(COD)		2	3	4	5
生化需氧量(BOD_5)		1	3	4	5
无机氮(以 N 计)		0.20	0.30	0.40	0.50
非离子氨(以 N 计)		0.020	0.020	0.020	0.020
活性磷酸盐(以 P 计)		0015	0.030	0.030	0.045
汞		0.00005	0.0002	0.0002	0.0005
镉		0001	0.005	0.010	0.010
铅		0001	0.005	0.010	0.050
六价铬		0.005	0.010	0.020	0.050
总铬		0.05	0.10	0.20	0.50
砷		0.020	0.030	0.050	0.050
铜		0.005	0.010	0.050	0.050
锌		0.020	0.050	0.10	0.50
硒		0.010	0.020	0.020	0.050
镍		0.005	0.010	0.020	0.050
氰化物		0.005	0.005	0.10	0.20
硫化物(以 S 计)		0.02	0.05	0.10	0.25
挥发性酚		0.005	0.005	0.010	0.050
石油类		0.05	0.05	0.30	0.50
六六六		0001	0002	0.003	0.005
滴滴涕		0.00005	0.0001	0.0001	0.0001
马拉硫磷		0.005	0.001	0.001	0.001
甲基对硫磷		0.0005	0.001	0.001	0.001
阴离子表面活性剂(以 LAS 计)		0.03	0.10	0.10	0.10
苯并[α]芘/(μg/L)		0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
放射性核素/(Bq/L)	^{60}Co	0.003	0.003	0.003	0.003
	^{90}Sr	4	4	4	4
	^{106}Rn	0.2	0.2	0.2	0.2
	^{134}Cs	0.6	0.6	0.6	0.6
	^{137}Cs	0.7	0.7	0.7	0.7

注：按照海域的不同使用功能和保护目标，海水水质分为四类：第一类适用于海洋渔业水域，海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区；第二类适用于水产养殖区，海水浴场，人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区；第三类适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区；第四类适用于海洋港口水域，海洋开发作业区。

第2章 无机气体

目 录

2.1 物 性 总 览

表 2.1.1　无机气体的一般物性总览

分子式	名　　称	相对分子质量	颜色	特性	气态密度/空气	液态密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(mL)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ar	氩气	39.95	无		1.784	1402^{-186}	−189.2	−185.9	表 2.5.1				24^{25}	＋苯
AsF_5	五氟化砷	169.91	无	蒜味 极毒		$2330^{-52.8}$	−116.3	−53.2	＋			＋	＋	＋乙醚，苯
AsH_3	三氢化砷	77.95	无	剧毒	2.695	3500	−113.5	−55	20^{20}	÷	//浓	＋ //	÷	＋苯、氯仿
BCl_3	氯化硼	117.17	无	强烈臭味	4.03	1430^{0}	−107	12.5	×		＋苯	＋CS_2	×	不与汞、锌反应
BF_3	氟化硼	67.81	无	窒息	2.99	1769^{-128}	−128	−100	105.7	×	//		×	①
B_2H_5Br	一溴一硼烷	106.67	无				−104	−10	//		＋S′	＋NH_4OH		
B_2H_6	乙硼烷	27.66	无	特臭	0.95	447^{-112}	−165	−92.5	÷	//				＋＋CS_2
B_4H_{10}	四硼烷	53.32	无	难闻气味		560^{-35}	−121	−18	×			＋// CCl_4	×	
Br_2	溴气	159.81	红棕(液)	剧毒	3120		−7.08	58.7		＋			＋	
Br_2O	一氧化二溴	175.82	暗棕				−18//	//		//				
Cl_2	氯气	70.91	橙绿-黄		3.214^{0}	1557^{-34}	−101.6	−34.6	表 2.5.1		＋氯仿、苯		＋＋CCl_4	9970^{0}，5480^{19}，3420^{40}
ClF	一氟化氯	54.45	无			1670^{-108}	−155.5	−100.1						
ClF_3	三氟化氯	92.45	无		3.09	1866^{10}	−76.3	11.8						
ClO_2	二氧化氯	67.45	淡绿黄	有毒	2.40^{11}	1640	−59	9.7 炸	2000^{4}	//	＋S	×	遇碳化物炸	＋CCl_4
Cl_2O	氧化二氯	86.91	黄绿	刺激	3.02^{22}	3890^{0}	−20	$3.8^{0.133}$	＋＋＋					＋Cl_4
ClO_4	四氧化氯	99.46						炸 82	＋ //					＋苯
CNCl	氯化氰	61.47	无	催泪，有毒	1.98	1222^{0}	−6.9	13.0	25^{20}	1			10^{20}	＋乙醚 5^{20}
Cl_2O	一氧化二氯	86.91	淡黄棕		3.89		−116	2	200	//	＋S；//Cl	＋	遇碳化物炸	＋＋CCl_4
C_2N_2	氰气	52.03	无	极毒	2.335	866^{-17}	−27.9	−21.2	450^{20}				2300^{20}，230^{80}	＋乙酸，乙醚 500^{18}
CO	一氧化碳	28.01	无	有毒	1.250^{0}	814^{-195}	−205	−191.5	表 2.5.1		＋乙酸		＋	＋Cu_2Cl_2，苯
$COCl_2$	氧氯化碳	98.92	无	有毒		1392^{19}	−104.0	8.2	＋＋ /	//	//		//	＋乙酸，苯，CCl_4
COS	氧硫化碳	60.07	无		0.1888^{0}	1240^{-87}	−138.2	−50.2	133	40.3^{30}		＋＋	800^{22}	②
CO_2	二氧化碳	44.01	无		1.977^{0}	1101^{-37}	-56.6^{520}	↑−78.5	表 2.5.1		＋	＋	＋甲、乙	③
C_3O_2	二氧化三碳	68.03	无	芥末味		1114^{0}	−107	7	//					＋乙醚
DBr	溴化氘	81.92	无		3.39^{20}		−87.5	−66.6						
DCl	氯化氘	37.47	无				−114.7	−84.8						

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	特性	气态密度/空气	液态密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(mL)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
DF	氟化氘	21.02	无				−83.6	18.6						
DI	碘化氘	128.92	无				−51.9	−35.7						
D_2	氘气	4.03	无		2		−254.4	−249.6	÷					
D_2S	硫化氘	36.09	无				−86.0							
F_2	氟气	38.00	淡黄	剧毒	1.696	1100^{-187}	−219.6	−188.1	//					
$FClO_4$	高氯酸氟	102.45	无	炸	4.93		−167.3	−15.9	//					
FN_3	氮化氟	60.92	绿黄				−154	−82						
F_2O_2S	硫酰氟	102.06	无	无臭										不燃,有毒
FSO_3F	氟磺酸氟	118.06	无			1780^{-74}	−158.5	−31.3						
GeF_4	四氟化锗	148.58	无		6.65		$-15^{0.4}$	↑36.6	×					
GeH_4	甲锗烷	76.62	无		3.42	1532^{-142}	−165.8	−88.5	×		÷Cl*; //N			
HBr	溴化氢	80.92	无		3.388^{20}	$2160^{66.8}$	−86.9	−66.8	221	130			+	
HCl	氯化氢	36.46	无	剧毒	1.639^{0}	1194^{-86}	−114.2	−85.1				甲醇 88.7	69.5	+乙醚 33.2,苯 1.9
HCN	氰化氢	27.06	无	毒	0.901	690^{22}	−14	26	∞	∞			∞	+乙醚
HD	氘化氢	3.02	无				−256.6	−251.0						
He	氦气	4.00	无		0.178	1260^{-272}	−272.2	−268.9						被铂吸收
HF	氟化氢	20.01	无	剧毒,腐蚀	0.921^{0}	990^{13}	−83.4	19.5	∞	++				
HI	碘化氢	127.91	无		5.37^{20}	$2799^{19.5}$	−50.8	−35.4	234^{10}	133^{127}			+	
H_2	氢气	2.02	无		0.0899^{0}	70.9^{-253}	−259.1	−252.8	表 2.5.1				6.92^{0}	÷铁,钯,铂,镍
H_2S	硫化氢	34.08	无	燃烧	1.538^{0}		−85.6	−60.4					9.5^{15}	$+CS_2$
H_2Se	硒化氢	80.98	无		3.670	2120^{-42}	−65.7	−41.4	377^{4}	270^{22}				$+CS_2$,$COCl_2$
H_3P	磷化氢	34.00	无	易燃	1.529	$765^{-87.8}$	−133.8	−87.8	26^{17}				+	+乙醚
$HSiF_3$	三氟甲硅烷	86.07				2980^{0}	−110	−80.2	//			//	//	$+C_6H_5CH_3$; //乙醚
H_3SiBr	一溴甲硅烷	111.00	无			1533^{0}	−94	1.9	//					
H_3SiCl	一氯甲硅烷	66.54				1145^{-113}	−118	−30.5						
H_2Cl_2Si	二氯硅烷	101.01	无		3.59	1260	−122	8.3			+苯	+乙醚		+多数有机溶剂
H_2Te	碲化氢	129.62	无		5.81	2650^{-2}	−51	−2	+			×	+	
Kr	氪气	83.80	无		3.708	2155^{-153}	−157.4	−153.2	表 2.5.1				÷	÷苯
N_2	氮气	28.01	无		1.251	808^{-196}	−209.9	−195.8	表 2.5.1				÷	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	特性	气态密度/空气	液态密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(mL)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ne	氖气	20.18	无		0.890	1204^{-246}	−248.7	−245.9	表2.5.1			3.8^{15}		④
NF_3	三氟化氮	71.00	无				−207	−120	−					
NH_3	氨气	17.03	无	刺激,危8	0.771^{0}	1325^{16}	−77.7	−33.4	表2.5.1		甲醇 24.0^{20}	14.8^{20}		+乙醚,丙酮,氯仿
NO	一氧化氮	30.01	无	刺激	1.248^{20}	1269^{-152}	−161.7	−151.7	表2.5.1	+S 3.5	$+CS_2$	26.6		+含水 $FeSO_4$
NO_2	二氧化氮	46.01	红棕			1448^{20}	−11.2	21.0	+ //		+N、S	×		+氯仿,CS_2
NO_3	三氧化氮	62.01	微蓝				// 20							+乙醚
N_2O	一氧化二氮	44.01	无		1.843^{20}	1226^{-89}	−91.0	−88.5	表2.5.1	+S		+	+乙醚	
NOF	氟化亚硝酰	49.01	无	气		132.5	159.9							
NOBr	溴氧化氮	109.92	棕			>1000	−55.5	−2	//					
NOCl	亚硝酰氯	65.46	红黄			1417^{-12}	−65.5	−5.5	//		+发烟S			
NOF	亚硝酰氟	49.01	无		2.99^{2}	1680	−134	−56	//					
NO_2Cl	硝酰氯	81.46	黄棕			132014	<−30	5	//					
NO_2F	硝酰氟	65.01	无			2240	−139	−63.5	//				//	//乙醚
N_2O_3	三氧化二氮	76.01	红棕	剧毒		1447^{2}	−101	//3.5	×		+	×		+乙醚
O_2	氧气	32.00	无		1.429^{0}	140^{-183}	−218.4	−183.0	表2.5.1		+苯 19^{25}	−Ti, Pt, Ag*	14.3^{20}	+丙酮 0.06^{15},0.11^{35},0.22^{55}
O_3	臭氧	48.00	无	强刺激	2.144^{20}	3030^{-80}	−192.7	−112.0	表2.5.1			+		+松节油,肉桂油
OF_2	二氟化氧	54.00	无			1650^{-190}	−223.8	−145	÷ //	−	÷	÷		
PF_3	三氟化磷	87.97	无	剧毒	3.907^{20}	3.907	−151.5	−101.4	×			//	+	
PF_3Cl_2	三氟二氯化磷	158.89	无		5.4		−8	//	//				//	
PF_5	五氟化磷	125.97	无	恶臭味	5.805		−93.7	−84.6	×			//		
PH_3	磷化三氢	34.00	无	毒易燃	1.381	749^{-90}	−132.5	−85	27^{20}	0			+	$+Cu_2Cl_2$,乙醚
POF_3	磷酰氟	103.97	无		4.8		−39.1	↑−39.5	×				+ //	+苯,丙酮,CCl_4
PSF_3	三氟硫化磷	120.05	无	无臭			−148.8	−52.3	//					$-CS_2$,苯;÷乙醚
Rn	氡气	222.02	无		9.73^{0}	4400^{-62}	−71	−61.8	表2.5.1				+	+苯
SF_6	六氟化硫	146.05	无	无臭,无味	6.602		−50.5		÷				÷	÷醚
SbH_3	三氢化锑	124.77	无	易燃很毒	$9.48^{5.3}$	2260^{-20}	−94	−18	0.41^{10}	4	×浓	×	1500	+苯,CS_2(2500),乙醚
SeF_6	六氟化硒	192.96	无	有味	7.1	3250^{-25}	−39 ↑	−34.5	+ //					
S_2F_2	一氟化硫	102.12	无				−133	15	×					
SF_4	四氟化硫	108.05	无			1919^{-73}	−121.0	−38	×					+苯
SiF_4	四氟化硅	104.08	无		4.684	1660^{-95}	−90.2	−8.6	//	//	+N	+HF	+	+乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	特性	气态密度/空气	液态密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(mL)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
SiH_2Cl_2	二氯硅甲烷	101.01			4.599		−122	8.3	//					
SiH_3Cl	一氯硅甲烷	66.56			3.033		−118.1	−30.4						
SiH_4	一硅烷	32.12	无		1.44	680^{-165}	−185	−111.9	//			// KOH	+	−乙醚；$+CS_2$
Si_2H_6	二硅烷	62.22	无		2.85	688^{-25}	−131	−14.5	÷ //				+	$+CS_2$，汽油
SnH_4	氢化锡	122.71	无	臭，剧毒			−150	−52			被浓酸浓碱吸收			
SO_2	二氧化硫	64.06	无	刺激	2.716^{20}	1460^{-10}	−75.5	−10.0	表2.5.1		+S		+	+乙酸
SOF_2	二氟氧化硫	86.07	无			2930	−110	−30	//			$+AsCl_3$		+苯，乙醚
SO_2F_2	二氟二氧化硫	102.07	无				−120	−52			−S′	+		
T_2	氚气	6.04	无				−252.5	−248.1						
TeF_6	六氟化碲	241.59	无	恶臭	7.2	2.5	−37.6	↑38.6	×		×	×		
WF_6	六氟化钨	297.92	无		179.5		2.5	19.5	//					
Xe	氙气	131.29	无		5.851	3060^{-109}	−111.9	−108.1	表2.5.1				+	+苯
	空气	28.96	无		1.293^{0}	960^{-192}		−192	2.92	1.71^{25}				

① 易溶于煤油、苯、三氯甲烷、四氯甲烷、四氯化碳、二硫化碳、硝基苯等有机溶剂；能与氨、二硫化碳、氢化钠等起反应。

② 无限溶于乙醚、CCl_4、吡啶、二噁烷，溶于甲苯1500^{22}、氮苯4.4^{13}。

③ 溶于乙酸、四氯化碳、苯、氯仿和丙酮；能与乙醚、四氯化碳、吡啶、二噁烷等混合；溶于甲苯1500^{22}和氮苯4.4^{13}。

④ 溶于液氧，甲醇，丙酮，4.3^{15}，4.8^{25}，+苯2.54^{15}，2.88^{25}。

表 2.1.2　无机气体的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
一氧化二氮	10028-97-2	22017	506.62(−58℃)	助	※	※	乙	※	W,P	2.2		
一氧化氮	10102-43-9	23009	—	助	※	※	乙	※	W	2.3		
一氧化碳	630-08-0	21005	—	易	<−50	610	乙	12.5/74.2	W,P,R	2.1		
二氟化氧	7783-41-7	23014		助	※	※		※	QQ,W	2.3		
二氧化氮	10102-44-0	23012	101.32(22℃)	助	※	※	乙	※	K,R,	2.3		
二氧化氯	10049-04-4			助	※	※		※	QQ			
二氧化硫	7446-9-5	23013	338.42(21.1℃)	助	※	※	乙	※	W,P,R,K	2.3	R23;R34	S9;S26;S36/37/39;S45
二氧化碳	124-38-9	22019	1013.25(−39℃)	不	※	※	戊	※/※	K	2.2	S9	
三氟化氮	7783-54-2	23016		助	※	※		※	QQ,W,P	2.3		
三氟化硼	7637-07-2	23018	1013.25(−58℃)	助	※	※	乙	※	K,QD,P,R	2.3		
三氟化氯	7990-91-2	23015	—	助	※	※	乙	※	K,QD,W	2.3		
三氧化二氮		23011		助	※	※	甲	※	QQ	2.3		

续表

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
三氯化硼	10294-34-5	22023	101.32(12.5℃)	助	※	※	乙	※	K,QD,T,Sw	8.1	R11;R14;R26/28;R34;R48/20;R51/53;R62;R65;R67	S1;S16;S26;S28A;S36/37/39;S38;S45;S61;S8
四氟化硅	7783-61-1	23020		不	※	※		※	W	2.3		
四氟化硫	7783-60-0	23019		不	※	※		※	QQ	2.3	R14;R26;R34;R37	S26;S36/37/39;S38;S45
五氟化磷	7647-19-0	23022		不	※	※		※	QQ	2.3		
五氧化二氮			53.32(2.4℃)	助	※	※	甲	※	W,P			
六氟化硒	7783-79-1	23023	86.8(−48.7℃)	不	※	※		※	QQ,W	2.3		
六氟化硫	2551-62-4	22021	—	不	※	※	戊	※	K,QD	2.2		
六氟化碲	7783-80-4	23024		不	※	※		※	P,R,G,T	2.3		
光气	75-44-5	23038	202.65(27.3℃)	不	※	※	—	※	W.R	2.3		
氢	133-74-0	21001	13.33(−257.9℃)	易	<−50	400	甲	4.1/74.1	W,R	2.1	R12	S9;S16;S33
氧	7782-44-7	22001	506.62(−164℃)	助	※	※	乙	※	W,R	2.2	R8	S17
臭氧	10028-15-6			助	※	※	甲	※	QQ			
氮	7727-37-9	22005	1026.42(−173℃)	不	※	※	戊	※	K	2.2		S38
液氮	7727-37-9	22006	1026.42(−173℃)	不	※	※	戊	※	K	2.2		S38
氨	7664-41-7	23003	506.62(4.7℃)	易	—	651	乙	15.7/27.4	W,P,R	2.3		
氖	7440-1-9	22009	101.32(−246℃)	不	※	※	戊	※	K	2.2		
氙	7440-63-3	22015	724.54(−64℃)	不	※	※	戊	※	K	2.2		
氩	7440-37-1	22011	202.64(−179℃)	不	※	※	戊	※	K	2.2		S38
氦	7440-59-7	22007	202.64(−268℃)	不	※	※	戊	※	K	2.2		
氟	7782-41-4	23001	101.32(−187℃)	助	※	※	乙	※	K	2.3		
氟化氢	7664-39-3	81015	53.32(2.5℃)	不	※	※	—	※	K	8.1	R26/27/28;R35	S26;S36/37;S45;S7/9
氟光气	353-50-4	23035		助	※	※		※	QQ	2.3		
砷化氢	7784-42-1	23006	—	易	<−50	—	甲	4.5/100	W	2.3		
硒化氢	7783-7-5	23007	53.32(−53.6℃)	易	<−50	—	甲	—	W	2.3		
硫化氢	7783-6-4	21006	2026.5(25.5℃)	易	<−50	260	甲	4.0/46.0	W,P	2.1		
硫酰氟	2699-79-8	23034		不	※	※		※	QQ	2.3		
氯	7782-50-5	23002	506.62(10.3℃)	助	※	※	乙	※	K	2.3	R23;R36/37/38;R50	S9;S45;S61
氯化氢	7647-01-0	22022	4225.6(20℃)	不	※	※	—	※	K,W	2.2		
氯化氰	506-77-4	23027	134.63(20℃)	助	※	※	—	※	K,R	2.3		
氰	460-19-5	23028	53.32(−33℃)	易	—	—	甲	6.6/42.6	R	2.3		
溴	7726-95-6	81021	23.33(20℃)	助	※	※	乙	※	R,S	8.1	R26;R35;R50	S26;S45;S61;S7/9
锑化氢	7803-52-3	23008		易	—	—	甲	—	S,P,R,QQ	2.3		
溴化氢	10035-1006	23004	53.32(−78.0℃)	不	※	※	—	※	K,W	2.3	R10;R34;R37	S26;S45;S7/9
碘化氢	10034-85-2	22024	53.32(−48.3℃)	不	※	※	—	※	K	2.2	R35	S26;S36/37/39;S45;S9
磷化氢	7803-51-2	23005	53.32(−98.3℃)	易	<−50	100	甲	—	W,P,R	2.3	R12;R17;R26;R34;R50	S28;S36/37;S45;S61;S63

2.2 无机气体的密度

2.2.1 空 气

表 2.2.1 常压下空气的密度

温度/℃	密度/(kg/m³)	温度/℃	密度/(kg/m³)	温度/℃	密度/(kg/m³)	温度/℃	密度/(kg/m³)	温度/℃	密度/(kg/m³)	温度/℃	密度/(kg/m³)
−50	1.584	10	1.247	70	1.029	160	0.815	400	0.524	700	0.362
−40	1.515	20	1.205	80	1.000	180	0.779	450	0.565	800	0.329
−30	1.453	30	1.165	90	0.972	200	0.746	500	0.456	900	0.301
−20	1.395	40	1.128	100	0.946	250	0.674	550	0.429	1000	0.277
−10	1.342	50	1.093	120	0.898	300	0.615	600	0.404	1100	0.257
0	1.293	60	1.060	140	0.854	350	0.566	650	0.380	1200	0.239

注：烟气（CO_2 13％，N_2 76％，H_2O 11％）的密度与空气极相近。

表 2.2.2 空气在不同温度和压力下的密度 单位：kg/m³

温度/K	压力/MPa 0.01	0.1	0.4	0.7	1.0	4.0	7.0	10	40	70	100
50	0.070688										
60	0.058876										
70	0.050452										
80	0.044138	0.44275									
90	0.039231	0.39319	1.58479	2.7952							
100	0.035305	0.35366	1.42264	2.5041	3.5985						
110	0.032094	0.32136	1.29102	2.2693	3.2564	13.68	25.367	38.971			
120	0.029419	0.29449	1.18195	2.0756	2.9754	12.35	22.539	33.797			
130	0.027155	0.27177	1.09003	1.9128	2.7401	11.28	20.373	30.137			
140	0.025216	0.25231	1.01147	1.7739	2.5398	10.39	18.643	27.343			
150	0.023533	0.23546	0.94353	1.6542	2.3673	9.645	17.21	25.093	137.8		
160	0.022063	0.22072	0.88418	1.5496	2.2169	9.001	16.001	23.232	114.8		
170	0.020765	0.20773	0.83189	1.4576	2.0848	8.442	14.963	21.656	101.1		
180	0.019612	0.19617	0.78546	1.3759	1.9676	7.951	14.059	20.299	91.33	181.80	282.3
190	0.018578	0.18587	0.74396	1.3030	1.8630	7.515	13.265	19.115	83.81	160.81	244.4
200	0.017650	0.17654	0.70662	1.2374	1.7690	7.126	12.559	18.071	77.75	145.67	217.75
210	0.016810	0.16812	0.67287	1.1782	1.6842	6.776	11.930	17.142	72.69	133.97	197.90
220	0.016043	0.16048	0.64220	1.1244	1.6071	6.460	11.361	16.309	68.38	124.5	182.31
230	0.015347	0.15350	0.61422	1.0753	1.5368	6.172	10.846	15.556	64.64	116.6	169.62
240	0.014708	0.14710	0.58858	1.0303	1.4728	5.909	10.378	14.874	61.34	109.9	159.01
250	0.014120	0.14121	0.56499	0.9890	1.4133	5.669	9.949	14.251	58.42	104.1	149.93
260	0.013577	0.13577	0.54322	0.9509	1.3587	5.446	9.554	13.679	55.79	98.93	142.05
270	0.013074	0.13074	0.52307	0.9156	1.3082	5.242	9.191	13.153	53.41	94.37	135.14
280	0.012607	0.12607	0.50436	0.8828	1.2614	5.052	8.855	12.668	51.26	90.27	128.97
290	0.012171	0.12173	0.48696	0.8522	1.2177	4.876	8.543	12.218	49.29	86.57	123.45
300	0.011767	0.11767	0.47071	0.8238	1.1769	4.712	8.253	11.799	47.48	83.19	118.45
310	0.011386	0.11336	0.45550	0.7972	1.1389	4.558	7.982	11.41	45.80	80.12	113.9
320	0.011031	0.11031	0.44126	0.7722	1.1032	4.414	7.728	11.045	44.25	77.28	109.75
330	0.010696	0.10696	0.42787	0.7488	1.0697	4.280	7.492	10.704	42.81	74.66	105.92
340	0.010382	0.10382	0.41529	0.7268	1.0382	4.153	7.268	10.383	41.47	72.23	102.38
350	0.010086	0.10086	0.40340	0.7066	1.0086	4.0338	7.059	10.082	40.21	69.97	99.11
360	0.009805	0.09805	0.39219	0.6863	0.9805	3.9210	6.860	9.797	39.032	67.86	96.64

续表

温度	压力/MPa										
/K	0.01	0.1	0.4	0.7	1.0	4.0	7.0	10	40	70	100
370	0.00954	0.09540	0.38159	0.6677	0.9539	3.8145	6.673	9.530	37.925	65.88	93.21
380	0.009289	0.09289	0.37154	0.6501	0.9288	3.7135	6.496	9.275	36.881	64.03	90.55
390	0.009051	0.09051	0.36201	0.6335	0.905	3.6178	6.328	9.034	35.899	62.29	88.04
400	0.008825	0.08825	0.35296	0.6177	0.8822	3.5270	6.169	8.807	34.968	60.63	85.69
410	0.008609	0.08609	0.34434	0.6026	0.8608	3.4406	6.017	8.590	34.086	59.08	83.47
420	0.008405	0.08405	0.33614	0.5882	0.8402	3.3584	5.873	8.384	33.251	57.60	81.37
430	0.008209	0.08208	0.32833	0.5745	0.8207	3.2801	5.736	8.187	32.457	56.21	79.38
440	0.008022	0.08022	0.32085	0.5614	0.8021	3.2053	5.604	8.000	31.700	54.89	77.49
450	0.007844	0.07844	0.31373	0.5490	0.7842	3.1339	5.480	7.820	30.98	53.62	75.71
460	0.007644	0.07673	0.30690	0.5370	0.7672	3.0657	5.360	7.650	30.293	52.43	74.00
470	0.00751	0.07510	0.30037	0.5266	0.7509	3.0002	5.246	7.487	29.638	51.28	72.37
480	0.007353	0.07354	0.29411	0.5146	0.7351	2.9377	5.136	7.329	29.009	50.18	70.82
490	0.007203	0.07203	0.28811	0.5042	0.7201	2.8775	5.031	7.179	28.409	49.15	89.35
500	0.00706	0.07060	0.28235	0.4941	0.7057	2.8191	4.930	7.035	27.834	48.14	67.92
510	0.006922	0.06922	0.27681	0.4844	0.6919	2.7645	4.833	6.897	27.282	47.18	66.58
520	0.006788	0.06788	0.27149	0.4751	0.6786	2.7114	4.740	6.764	26.752	46.26	65.27
530	0.006660	0.06660	0.26637	0.4661	0.6658	2.6602	4.656	6.636	26.242	45.37	64.03
540	0.006536	0.06536	0.26143	0.4575	0.6535	2.6108	4.564	6.513	25.753	44.53	62.83
550	0.006417	0.06417	0.25668	0.4492	0.6416	2.5633	4.480	6.394	25.281	43.72	61.68
560	0.006304	0.06304	0.25209	0.4412	0.6301	2.5174	4.400	6.279	24.828	42.93	60.57
570	0.006192	0.06192	0.24767	0.4334	0.6190	2.4733	4.324	6.169	24.391	42.17	59.51
580	0.006086	0.06085	0.24340	0.4259	0.6084	2.4307	4.249	6.063	23.969.	41.44	58.47
590	0.005983	0.05983	0.23928	0.4187	0.5980	2.3894	4.176	5.960	23.562	41.73	57.47
600	0.005883	0.05883	0.23528	0.4117	0.5881	2.3496	4.107	5.860	23.167	40.054	56.52
610	0.005786	0.05786	0.23143	0.4050	0.5785	2.311	4.039	5.764	22.787	39.398	55.60
620	0.005693	0.05693	0.22769	0.3984	0.5691	2.2738	3.975	5.671	22.42	38.764	54.71
630	0.005603	0.05603	0.22408	0.3920	0.5601	2.2316	3.911	5.581	22.063	38.150	53.84
640	0.005515	0.05515	0.22058	0.38597	0.5514	2.2027	3.8504	5.494	21.719	37.555	53.00
650	0.005431	0.05431	0.21719	0.38004	0.5428	2.1688	3.7912	5.410	21.386	36.98	52.19
660	0.005348	0.05348	0.21389	0.37427	0.5347	2.1360	3.7336	5.327	21.062	36.421	51.41
670	0.005268	0.05268	0.21070	0.36868	0.5267	2.1040	3.6779	5.248	20.748	35.881	50.65
680	0.005190	0.05190	0.20761	0.36327	0.5189	2.0731	3.6239	5.171	20.443	35.357	49.91
690	0.005115	0.05115	0.20460	0.35800	0.5114	2.0431	3.5714	5.096	20.148	34.847	49.20
700	0.005043	0.05043	0.20167	0.35288	0.5040	2.0139	3.5204	5.023	19.861	34.352	48.50
710	0.004972	0.04972	0.19883	0.34793	0.4969	1.9856	3.4703	4.952	19.582	33.872	47.83
720	0.004902	0.04902	0.19608	0.34308	0.4901	1.9580	3.4227	4.884	19.311	33.404	47.17
730	0.004836	0.04835	0.19339	0.33839	0.4833	1.9312	3.3759	4.817	19.048	32.950	46.52
740	0.004770	0.04770	0.19077	0.33381	0.4769	1.9050	3.3302	4.752	18.792	32.510	45.90
750	0.004707	0.04707	0.18823	0.32936	0.4705	1.8797	3.2859	4.689	18.542	32.079	45.31
760	0.004645	0.04645	0.18576	0.32503	0.4643	1.8550	3.2427	4.626	18.300	31.661	44.71
770	0.004584	0.04584	0.18334	0.32082	0.4582	1.8309	3.2005	4.567	18.064	31.254	44.14
780	0.004562	0.04526	0.18099	0.31670	0.4524	1.8074	3.1595	4.509	17.832	30.857	43.59
790	0.004469	0.04469	0.17870	0.31268	0.4466	1.7849	3.1196	4.452	17.609	30.470	43.04
800	0.004412	0.044121	0.17646	0.30878	0.4411	1.7623	3.0807	4.396	17.390	30.094	42.514
850	0.004153	0.041526	0.16609	0.29062	0.4152	1.6587	2.8996	4.188	16.374	28.345	40.057
900	0.003922	0.039219	0.15686	0.27447	0.3920	1.5665	2.7387	3.909	15.470	26.792	37.873
950	0.003716	0.037155	0.14861	0.26003	0.37144	1.4842	2.5947	3.703	14.662	25.399	35.919
1000	0.003530	0.035297	0.14117	0.24703	0.35287	1.4101	2.4652	3.518	13.935	24.147	34.161
1050	0.003362	0.033616	0.13445	0.23527	0.33607	1.3429	2.3479	3.352	13.277	23.013	32.568

续表

温度/K	压力/MPa 0.01	0.1	0.4	0.7	1.0	4.0	7.0	10	40	70	100
1100	0.003209	0.032088	0.12835	0.22456	0.32079	1.2819	2.2414	3.199	12.678	21.983	31.118
1150	0.003070	0.030693	0.12276	0.21481	0.30685	1.2262	2.1441	3.061	12.131	21.042	29.794
1200	0.002942	0.029414	0.11765	0.20586	0.29406	1.1752	2.0549	2.933	11.630	20.178	28.580
1250	0.002824	0.028237	0.11295	0.19763	0.28102	1.1282	1.9728	2.816	11.169	19.383	27.460
1300	0.002715	0.027151	0.10860	0.19004	0.27145	1.0849	1.8970	2.708	10.742	18.648	26.427
1350	0.002615	0.026147	0.10458	0.18299	0.26140	1.0446	1.8269	2.608	10.348	17.967	25.468
1400	0.002521	0.025213	0.10084	0.17646	0.25206	1.0074	1.7618	2.515	9.982	17.334	24.577
1450	0.002435	0.024343	0.09737	0.17037	0.24338	0.9729	1.7011	2.428	9.611	16.746	23.747
1500	0.002353	0.023532	0.09412	0.16469	0.23527	0.9403	1.6445	2.347	9.321	16.195	22.972
1550	0.002277	0.022776	0.09108	0.15938	0.22768	0.9100	1.5915	2.263	9.024	15.681	22.244
1600	0.002206	0.022064	0.08824	0.1544	0.22057	0.8816	1.5418	2.201	8.743	15.197	21.561
1650	0.002139	0.021395	0.08556	0.14972	0.21388	0.8548	1.4951	2.133	8.480	14.742	20.920
1700	0.002077	0.020764	0.08305	0.14532	0.20758	0.8297	1.4512	2.071	8.233	14.314	20.316
1750	0.002017	0.020169	0.08067	0.14117	0.20166	0.8061	1.4098	2.013	8.000	13.91	19.747
1800	0.001960	0.019608	0.07844	0.13724	0.19605	0.7837	1.3706	1.956	7.779	13.529	19.211
1850	0.001907	0.019078	0.07631	0.13353	0.19075	0.7625	1.3336	1.905	7.571	13.17	18.701
1900	0.001857	0.018573	0.07430	0.13001	0.18573	0.7425	1.2986	1.854	7.373	12.83	18.218
1950	0.001808	0.018095	0.07238	0.12668	0.18096	0.7235	1.2654	1.806	7.185	12.50	17.759
2000	0.001762	0.01764	0.07057	0.12350	0.17644	0.7053	1.2337	1.761	7.007	12.19	17.324
2050	0.001717	0.017205	0.06884	0.12047	0.17210	0.6880	1.2037	1.718	6.836	11.90	16.908
2100	0.001676	0.01679	0.06719	0.11759	0.16799	0.6716	1.1750	1.677	6.675	11.62	16.512
2150	0.001634	0.016392	0.06561	0.11485	0.16406	0.6560	1.1477	1.638	6.521	11.35	16.134
2200	0.001594	0.016010	0.06411	0.11221	0.16032	0.6411	1.1216	1.602	6.373	11.10	15.774
2250	0.001555	0.015644	0.06266	0.10969	0.15670	0.6267	1.0965	1.566	6.232	10.85	15.427
2300	0.001517	0.015290	0.06126	0.10726	0.15325	0.6130	1.0726	1.532	6.098	10.62	15.097
2350	—	0.014906	0.05993	0.10493	0.14994	0.5998	1.0496	1.499	5.969	10.39	14.779
2400	—	0.014613	0.05864	0.10268	0.14673	0.5873	1.0276	1.468	5.844	10.18	14.475
2450	—	0.014287	0.05738	0.10052	0.14366	0.5753	1.0064	1.438	5.725	9.975	14.185
2500	—	0.013969	0.05617	0.09843	0.14068	0.5634	0.9859	1.408	5.610	9.775	13.904
2550	—	0.013657	0.05499	0.09638	0.13780	0.5521	0.9664	1.380	5.501	9.585	13.634
2600	—	0.013351	0.05384	0.09440	0.13501	0.5411	0.9474	1.354	5.395	9.402	13.374
2650	—	0.013047	0.05272	0.09248	0.13228	0.5305	0.9290	1.327	5.292	9.226	13.124
2700	—	0.012745	0.05162	0.09060	0.12961	0.5203	0.9113	1.302	5.194	9.055	12.882
2750	—	0.012448	0.05054	0.08877	0.12704	0.5104	0.9841	1.277	5.100	8.890	12.651
2800	—	0.012152	0.04948	0.08697	0.12452	0.5008	0.8774	1.254	5.007	8.731	12.426
2850	—	0.011858	0.04844	0.08520	0.12204	0.4914	0.8612	1.231	4.917	8.577	12.207
2900	—	0.011567	0.04740	0.08347	0.11956	0.4822	0.8454	1.209	4.831	8.427	11.995
2950	—	0.011279	0.04638	0.08173	0.11718	0.4732	0.8300	1.187	4.745	8.281	11.790
3000	—	0.010996	0.04537	0.08003	0.11477	0.4645	0.8149	1.165	4.664	8.140	11.591

表 2.2.3 干燥空气在常压下的密度

温度/℃	−180	−150	−100	−50	−20	0	10	20	30
密度 ρ/(kg/m^3)	3.72	2.78	1.948	1.534	1.365	1.252	1.206	1.161	1.127
温度/℃	40	50	60	70	80	90	100	120	140
密度 ρ/(kg/m^3)	1.092	1.057	1.025	0.996	0.968	0.942	0.916	0.870	0.827
温度/℃	150	160	180	200	250	300	350	400	500
密度 ρ/(kg/m^3)	0.810	0.789	0.755	0.723	0.653	0.596	0.549	0.508	0.442
温度/℃	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600
密度 ρ/(kg/m^3)	0.301	0.351	0.318	0.291	0.268	0.248	0.232	0.204	0.182

表 2.2.4　干燥空气在不同压强下的密度　　单位：kg/m^3

温度/℃	压　强/kPa								
	96	97	98	99	100	101	101.3	102	103
10	1.182	1.194	1.207	1.219	1.231	1.243	1.247	1.255	1.277
11	1.178	1.189	1.201	1.214	1.227	1.239	1.243	1.251	1.272
12	1.173	1.186	1.198	1.210	1.222	1.235	1.239	1.247	1.268
13	1.169	1.182	1.194	1.206	1.218	1.230	1.234	1.242	1.264
14	1.165	1.177	1.190	1.202	1.214	1.226	1.230	1.238	1.259
15	1.161	1.173	1.185	1.197	1.210	1.222	1.226	1.234	1.255
16	1.157	1.169	1.181	1.193	1.205	1.217	1.221	1.229	1.251
17	1.153	1.165	1.177	1.189	1.201	1.213	1.217	1.225	1.246
18	1.149	1.161	1.173	1.185	1.197	1.209	1.213	1.221	1.241
19	1.145	1.157	1.169	1.181	1.193	1.205	1.209	1.217	1.237
20	1.141	1.153	1.165	1.177	1.189	1.201	1.205	1.213	1.233
21	1.137	1.149	1.161	1.173	1.185	1.197	1.201	1.209	1.228
22	1.134	1.145	1.157	1.169	1.181	1.193	1.197	1.205	1.224
23	1.130	1.141	1.153	1.165	1.177	1.189	1.193	1.201	1.220
24	1.126	1.138	1.149	1.161	1.173	1.185	1.189	1.197	1.216
25	1.122	1.134	1.145	1.157	1.169	1.181	1.185	1.193	1.212
26	1.118	1.130	1.141	1.153	1.165	1.177	1.181	1.189	1.208
27	1.115	1.126	1.138	1.150	1.161	1.173	1.177	1.185	1.204
28	1.111	1.122	1.134	1.146	1.157	1.169	1.173	1.181	1.200
29	1.107	1.119	1.131	1.142	1.153	1.165	1.169	1.177	1.196
30	1.104	1.115	1.126	1.138	1.150	1.161	1.165	1.172	1.192

表 2.2.5　湿空气的密度

湿空气的密度 $\rho=1.293(273.2/T)[(p-A)/101.3]=3.479(p-A)/T$

式中　p——大气压强，kPa；

T——大气温度，K；

A——与露点有关的变量，其值如下表。

露点/℃	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
A	0.231	0.267	0.308	0.353	0.405	0.464	0.531	0.605	0.688	0.781	0.885

露点/℃	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
A	1.001	1.129	1.273	1.432	1.607	1.801	2.014	2.250	2.509	2.794

表 2.2.6　饱和湿空气的密度

温度/℃		−20	19	−18	−17	−16	−15	−14	−13
压力/Pa		102.970	113.365	124.643	136.091	150.336	164.948	180.835	197.996
密度/(kg/m^3)		1.396	1.394	1.385	1.379	1.374	1.368	1.363	1.358
101.3kPa	密度/(kg/m^3)	1.395	1.393	1.384	1.378	1.373	1367	1.362	1.357
	水分/(g/kg)	0.63	0.70	0.77	0.85	0.93	1.01	1.11	1.22
98kPa	密度/(kg/m^3)	1.3490	1.3436	1.3383	1.3330	1.3278	1.3225	1.3174	1.3132
	水分/(g/kg)	0.654	0.720	0.792	0.870	0.955	1.048	1.149	1.258
温度/℃		−12	−11	−10	−9	−8	−7	−6	−5
压力/Pa		216.923	237.321	259.484	283.314	309.498	337.643	368.142	401.092
密度/(kg/m^3)		1.353	1.348	1.342	1.337	1.332	1.327	1.322	1.317
101.3kPa	密度/(kg/m^3)	1.352	1.347	1.341	1.336	1.331	1.325	1.320	1.315
	水分/(g/kg)	1.34	1.46	1.60	1.75	1.91	.2.08	2.27	2.47
98kPa	密度/(kg/m^3)	1.3071	1.3020	1.2969	1.2919	1.2869	1.2819	1.2770	1.2721
	水分/(g/kg)	1.379	1.509	1.650	1.802	1.969	2.149	2.344	2.554

续表

温度/℃		−4	−3	−2	−1	0	1	2	3
压力/Pa		436.788	475.426	517.203	562.117	610.758	656.457	705.392	757.368
密度/(kg/m³)		1.312	1.308	1303	1.298	1.293	1.288	1.284	1.279
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.310	1.306	1.301	1.295	1.290	1.285	1.281	1.275
	水分/(g/kg)	2.69	2.94	3.19	3.47	3.78	4.07	4.37	4.70
98kPa	密度/(kg/m³)	1.2672	1.2623	1.2574	1.2526	1.2478	1.2430	1.2382	1.2335
	水分/(g/kg)	2.783	3.030	3.298	3.586	3.898	4.192	4.506	4.841
温度/℃		4	5	6	7	8	9	10	11
压力/Pa		812.873	871.811	934.574	1001.26	1072.06	1147.28	1227.11	1311.74
密度/(kg/m³)		1.275	1.270	1.265	1.261	1.256	1.252	1.248	1.243
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.271	1.266	1.261	1.256	1.251	1.247	1.242	1.237
	水分/(g/kg)	5.03	5.40	5.79	6.21	6.65	7.13	7.63	8.05
98kPa	密度/(kg/m³)	1.2288	1.2211	1.2194	1.2148	1.2101	1.2054	1.2008	1.1962
	水分/(g/kg)	5.199	5.579	5.985	6.416	6.875	7.363	7.882	8.433
温度/℃		12	13	14	15	16	17	18	19
压力/Pa		1401.47	1496.59	1597.40	1704.00	1816.88	1936.32	2012.24	2195.71
密度/(kg/m³)		1.239	1235	1.230	1.226	1.222	1.217	1.213	1.209
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.232	1.228	1.223	1.218	1.214	1.208	1.204	1.200
	水分/(g/kg)	8.75	9.35	9.97	10.6	11.4	12.1	12.9	13.8
98kPa	密度/(kg/m³)	1.1919	1.1817	1.1824	1.1778	1.1732	1.1686	1.1641	1.1595
	水分/(g/kg)	9.018	9.634	10.300	10.999	11.741	12.529	13.363	14.246
温度/℃		20	21	22	23	24	25	26	27
压力/Pa		2336.92	2485.00	2641.91	2807.64	2982.20	3166.57	3359.76	3563.74
密度/(kg/m³)		1.205	1.201	1.197	1.193	1.189	1.185	1.181	1.177
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.195	1.190	1.185	1.181	1.176	1.171	1.166	1.161
	水分/(g/kg)	14.7	15.6	16.6	17.7	18.8	20.0	21.4	22.6
98kPa	密度/(kg/m³)	1.1549	1.1503	1.1457	1.1411	1.1365	1.1319	1.1272	1.1226
	水分/(g/kg)	15.184	16.171	17.221	18.333	19.508	20.755	22.066	23.456
温度/℃		28	29	30	31	32	33	34	35
压力/Pa		3778.50	4004.06	4241.38	4491.45	4753.28	5028.85	5318.15	5622.15
密度/(kg/m³)		1.173	1.169	1.165	1.161	1.157	1.154	1.150	1.146
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.156	1.151	1.146	1.141	1.136	1.131	1.126	1.121
	水分/(g/kg)	24.0	25.6	27.2	28.8	30.6	37.5	34.4	36.6
98kPa	密度/(kg/m³)	1.1179	1.1132	1.1085	1.1038	1.0990	1.0943	1.0895	1.0846
	水分/(g/kg)	24.926	26.477	28.118	29.855	31.684	33.620	35.565	37.828
温度/℃		36	37	38	39	40	41	42	43
压力/Pa		5939.89	6274.30	6624.89	6991.16	7374.60	7776.67	8198.36	8638.68
密度/(kg/m³)		1.142	1.139	1.135	1132	1.128	1.124	1.121	1.117
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.116	1.111	1.107	1.102	1.097	1.091	1.086	1.081
	水分/(g/kg)	38.8	41.1	43.5	46.0	48.8	51.7	54.8	58.0
98kPa	密度/(kg/m³)	1.0798	1.0749	1.0699	1.0650	10599	1.0549	1.0498	1.0446
	水分/(g/kg)	40.104	42.516	45.060	47.746	50.578	53.573	56.743	60.085
温度/℃		44	45	46	47	48	49	50	51
压力/Pa		9099.59	9582.08	16085.2	10611.8	11161.9	11735.7	12334.8	12960.5
密度/(kg/m³)		1.114	1.110	1.107	1.103	1.100	1.096	1.093	1.090
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.076	1.070	1.065	1.059	1.054	1.048	1.043	1.037
	水分/(g/kg)	61.3	65.0	68.9	72.8	77.0	81.5	86.2	91.3
98kPa	密度/(kg/m³)	1.0394	1.0341	10288	10235	1.0180	1.0125	10069	1.0013
	水分/(g/kg)	63.619	67.357	71.299	75.474	79.889	84.553	89.491	94.722

续表

温度/℃		52	53	54	55	56	57	58	59
压力/Pa		13612.6	14293.2	15002.2	15740.6	16509.5	17311.7	18146.2	19015.1
密度/(kg/m³)		1.086	1.083	1.050	1.076	1.073	1.070	1.067	1.063
101.3kPa	密度/(kg/m³)	1.031	1.025	1.019	1.013	1.007	1.001	0.995	0.987
	水分/(g/kg)	96.6	102	108	114	121	128	136	144
98kPa	密度/(kg/m³)	0.9956	0.9898	0.9839	0.9779	0.9719	0.9657	0.9595	0.9632
	水分/(g/kg)	100.26	106.12	112.34	118.93	125.91	133.34	141.23	149.62

表 2.2.7　不同温度和压力下的饱和绝对湿度

温度/℃	压力/atm														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35
	饱和绝对湿度 ρ_v/(g/m³)														
−60	0.00069	0.00035	0.00023	0.00017	0.00014	0.00011	0.00010	0.00009	0.00008	0.00007	0.00005	0.000027	0.00027	0.000023	0.000017
−50	0.00236	0.00118	0.00078	0.00059	0.00047	0.00039	0.00034	0.000295	0.000262	0.000236	0.000157	0.000118	0.000095	0.000078	0.000067
−40	0.0081	0.0040	0.0027	0.0020	0.00162	0.00135	0.00116	0.00101	0.0009	0.00081	0.00054	0.00040	0.00032	0.00027	0.00023
−30	0.0236	0.0118	0.0078	0.0059	0.0047	0.0039	0.0034	0.0030	0.00026	0.00236	0.00157	0.00118	0.00095	0.00078	0.00067
−20	0.0622	0.0311	0.0208	0.0156	0.0125	0.0104	0.0089	0.0078	0.0069	0.0062	0.00415	0.00311	0.00250	0.00208	0.00178
−10	0.181	0.090	0.060	0.045	0.0362	0.0302	0.0258	0.0226	0.0200	0.0181	0.0120	0.0090	0.00725	0.0060	0.0052
0	0.386	0.193	0.129	0.0965	0.077	00642	0.0550	0.0482	0.0430	0.0386	0.0258	0.0193	0.0155	0.0129	0.011
10	0.779	0.390	0.260	0.195	0.156	0.130	0.111	0.0975	0.0865	0.0780	0.0520	0.0390	0.0312	0.0260	0.022
20	1.48	0.740	0.495	0.370	0.296	0.247	0.212	0.185	0.164	0.148	0.099	0.074	0.059	0.049	0.042
30	2.69	1.350	0.900	0.672	0.540	0.450	0.385	0.337	0.300	0.269	0.180	0.135	0.108	0.090	0.077
40	4.69	2.36	1.56	1.17	0.940	0.790	0.670	0.590	0.520	0.470	0.314	0.235	0.188	0.156	0.134
50	7.85	3.93	2.61	1.96	1.57	1.310	1.120	0.980	0.870	0.785	0.522	0.393	0.314	0.261	0.224
60	12.40	6.20	4.15	3.10	2.48	2.07	1.77	1.55	1.380	1.240	0.828	0.620	0.496	0.415	0.355
70	1980	990	6.60	4.95	3.96	3.30	2.83	2.48	2.200	1.980	1.320	0.990	0.790	0.660	0.565
80	30.00	15.00	10.00	7.50	6.00	5.00	4.29	3.75	3.330	3.00	2.00	1.50	1.20	1.00	0.857
90	47.8	23.00	1520	11.30	9.00	7.50	6.41	5.61	4.98	4.79	2.97	2.30	1.78	1.52	1.27
100	71.6	33.90	22.20	16.50	13.15	10.90	9.33	8.15	7.24	6.50	4.32	3.24	2.58	2.16	1.84

注：1atm=101325Pa。

表 2.2.8　与水相接触的饱和空气中纯净空气的比容

温度/℃	−50	−49	−48	−47	−46	−45	−44	−43	−42	−41
v/(m³/kg)	0.6312	0.6340	0.6369	0.6397	0.6426	0.6454	0.6483	0.6511	0.6540	0.6568
温度/℃	−40	−39	−38	−37	−36	−35	−34	−33	−32	−31
v/(m³/kg)	0.6597	0.6625	0.6653	0.6682	0.6710	0.6739	0.6767	0.6796	0.6824	0.6853
温度/℃	−30	−29	−28	−27	−26	−25	−24	−23	−22	−21
v/(m³/kg)	0.6881	0.6909	0.6938	0.6966	0.6965	0.7023	0.7052	0.7080	0.7108	0.7137
温度/℃	−20	−19	−18	−17	−16	−15	−14	−13	−12	−11
v/(m³/kg)	0.7165	0.7194	0.7222	0.7251	0.7279	0.7307	0.7336	0.7364	0.7393	0.7421
温度/℃	−10	−9	−8	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1
v/(m³/kg)	0.7450	0.7478	0.7506	0.7535	0.7563	0.7592	0.7620	0.7648	0.7677	0.7705
温度/℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
v/(m³/kg)	0.7734	0.7762	0.7790	0.7819	0.7847	0.7876	0.7904	0.7932	0.7961	0.7989
温度/℃	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
v/(m³/kg)	0.8018	0.8046	0.8075	0.8103	0.8131	0.8160	0.8188	0.8217	0.8245	0.8273
温度/℃	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
v/(m³/kg)	0.8302	0.8330	0.8359	0.8387	0.8415	0.8444	0.8472	0.8501	0.8529	0.8557
温度/℃	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
v/(m³/kg)	0.8586	0.8614	0.8642	0.8671	0.8699	0.8726	0.8756	0.8784	0.8813	0.8841
温度/℃	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
v/(m³/kg)	0.8870	0.8896	0.8926	0.8955	0.8983	0.9012	0.9040	0.9068	0.9097	0.9125
温度/℃	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
v/(m³/kg)	0.9154	0.9182	0.9210	0.9230	0.9267	0.9298	0.9324	0.9352	0.9381	0.9409
温度/℃	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
v/(m³/kg)	0.9437	0.9466	0.9494	0.9522	0.9551	0.9579	0.9608	0.9636	0.9664	0.9693

续表

温度/℃	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
$v/(m^3/kg)$	0.9721	0.9749	0.9778	0.9806	0.9835	0.9863	0.9891	0.9920	0.9948	0.9976
温度/℃	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
$v/(m^3/kg)$	1.000	1.003	1.006	1.009	1.012	1.015	1.018	1.020	1.023	1.026

注：温度为90℃时，其值为1.029。

表 2.2.9 与冰相接触的饱和空气中纯净空气的比容

温度/℃	−50	−49	−48	−47	−46	−45	−44	−43	−42	−41	−40
$v/(m^3/kg)$	0.6312	0.6340	0.6369	0.6397	0.6426	0.6454	0.6483	0.6511	0.6540	0.6568	0.6597

温度/℃	−39	−38	−37	−36	−35	−34	−33	−32	−31	−30
$v/(m^3/kg)$	0.6625	0.6653	0.6682	0.6710	0.6739	0.6767	0.6796	0.6824	0.6853	0.6881
温度/℃	−29	−28	−27	−26	−25	−24	−23	−22	−21	−20
$v/(m^3/kg)$	0.6907	0.6938	0.6966	0.6995	0.7023	0.7052	0.7080	0.7108	0.7137	0.7165
温度/℃	−19	−18	−17	−16	−15	−14	−13	−12	−11	−10
$v/(m^3/kg)$	0.7194	0.7222	0.7251	0.7279	0.7307	0.7336	0.7364	0.7393	0.7421	0.7450
温度/℃	−9	−8	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1	0
$v/(m^3/kg)$	0.7478	0.7506	0.7535	0.7563	0.7592	0.7620	0.7648	0.7677	0.7705	0.7734

表 2.2.10 空气在饱和线上的密度

单位：g/cm^3

密度	压强/kPa											
	100	200	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	3773
液体	0.8743	0.8428	0.8188	0.7848	0.7590	0.7254	0.6722	0.6234	0.5782	0.5238	0.4594	0.3280
气体	0.0044	0.0084	0.0123	0.0200	0.0278	0.0398	0.0614	0.0863	0.1151	0.1525	0.2036	0.3280

表 2.2.11 空气的相对比容

温度/K	v_r	温度/K	v_r	温度/K	v_r	温度/K	v_r
100	2230	390	74.71	680	17.543	970	6.400
110	1758.4	400	70.07	690	16.857	980	6.209
120	1415.7	410	65.83	700	16.205	990	6.025
130	1159.8	420	61.93	710	15.585	1000	5.847
140	964.2	430	58.34	720	15.027	1020	5.521
150	812.0	440	55.02	730	14.434	1040	5.201
160	691.4	450	51.96	740	13.900	1060	4.911
170	594.5	460	49.11	750	13.391	1080	4.641
180	515.6	470	46.48	760	12.905	1100	4.390
190	450.6	480	44.04	770	12.440	1120	4.156
200	396.6	490	41.76	780	11.998	1140	3.937
210	351.2	500	39.64	790	11.575	1160	3.732
220	312.8	510	37.65	800	11.172	1180	3.541
230	280.0	520	35.80	810	10.785	1200	3.362
240	251.8	530	34.07	820	10.416	1220	3.194
250	227.45	540	32.45	830	10.062	1240	3.037
260	206.26	550	30.92	840	9.724	1260	2.889
270	187.74	560	29.50	850	9.400	1280	2.750
280	171.45	570	28.15	860	9.090	1300	2.619
290	157.07	580	26.89	870	8.792	1320	2.497
300	144.32	590	25.70	880	8.507	1340	2.381
310	132.96	600	24.58	890	8.233	1360	2.272
320	122.81	610	23.51	900	7.971	1380	2.169
330	113.70	620	22.52	910	7.718	1400	2.072
340	105.51	630	21.57	920	7.476	1420	1.9808
350	98.11	640	20.674	930	7.244	1440	1.8942
360	91.40	650	19.828	940	7.020	1460	1.8124
370	85.31	660	19.026	950	6.805	1480	1.7350
380	79.77	670	18.266	960	6.599	1500	1.6617

表 2.2.12　空气在不同温度和压力下的摩尔质量

温度 T /K	压　　力/at				
	3	10	20	30	40
	摩尔质量/(kg/kmol)				
300	28.967	28.967	28.964	28.964	28.964
400	28.967	28.967	28.964	28.964	28.964
500	28.967	28.967	28.964	28.964	28.964
600	28.967	28.967	28.964	28.964	28.964
700	28.967	28.967	28.964	28.964	28.964
800	28.987	28.967	28.964	28.964	28.964
900	28.967	28.967	28.964	28.964	28.965
1000	28.967	28.967	28.966	28.965	28.965
1100	28.967	28.967	28.965	28.965	28.965
3200	28.967	28.967	28.965	28.965	28.965
1300	28.967	28.967	28.965	28.965	28.965
1400	28.967	28.987	28.965	28.965	28.965
1500	28.967	28.967	28.965	28.965	28.965
1600	28.967	28.967	28.965	28.965	28.965
1700	28.967	28.961	28.965	28.965	28.965
1800	28.966	28.966	28.965	28.965	28.965
1900	28.966	28.966	28.965	28.965	28.965
2000	28.965	28.966	28.964	28.965	28.965
2100	28.962	28.964	28.963	28.964	28.964
2200	28.957	28.961	28.961	28.962	28.963
2300	28.948	28.957	28.958	28.960	28.961
2400	28.935	28.950	28.953	28.956	28.957
2500	28.914	28.938	28.945	28.949	28.951
2600			28.933	28.939	28.943
2700			28.915	28.924	28.930
2800			28.890	28.904	28.913

注：1at＝98066.5Pa。

表 2.2.13　常压下饱和空气中水蒸气的含量

空气温度/℃	水蒸气分压/kPa	饱和时水蒸气的含量/g			空气温度/℃	水蒸气分压/kPa	饱和时水蒸气的含量/g		
		$1m^3$空气中	1kg 空气蒸气混合物中	1kg 干燥空气中			$1m^3$空气中	1kg 空气蒸气混合物中	1kg 干燥空气中
－20	0.123	1.1	0.8	0.8	1	0.658	5.2	4.1	4.10
－19	0.135	1.2	0.8	0.8	2	0.706	5.6	4.3	4.30
－18	0.149	1.3	0.9	0.9	3	0.758	6.0	4.7	4.70
－17	0.161	1.4	1.0	1.0	4	0.812	6.4	5.0	5.00
－16	0.174	1.5	1.1	1.1	5	0.870	6.8	5.4	5.40
－15	0.186	1.6	1.2	1.2	6	0.932	7.3	5.7	5.82
－14	0.206	1.7	1.3	1.3	7	0.998	7.7	6.1	6.17
－13	0.224	1.9	1.4	1.4	8	1.068	8.3	6.6	6.69
－12	0.244	2.0	1.5	1.5	9	1.142	8.8	7.0	7.12
－11	0.264	2.2	1.6	1.6	10	1.221	9.4	7.5	7.64
－10	0.279	2.3	1.7	1.7	11	1.300	9.9	8.0	8.07
－9	0.302	2.5	1.9	1.9	12	1.393	10.6	8.6	8.69
－8	0.327	2.7	2.0	2.0	13	1.487	11.3	9.2	8.30
－7	0.354	2.9	2.2	2.2	14	1.586	12.0	9.8	9.91
－6	0.383	3.1	2.4	2.4	15	1.692	12.8	10.5	10.62
－5	0.415	3.4	2.6	2.6	16	1.803	13.6	11.2	11.33
－4	0.449	3.6	2.8	2.8	17	1.921	14.4	11.9	12.10
－3	0.485	3.9	3.0	3.0	18	2.046	15.3	12.7	12.93
－2	0.525	4.2	3.2	3.2	19	2.177	16.2	13.5	13.75
－1	0.568	4.5	3.5	3.50	20	2.316	17.2	14.4	14.61
0	0.613	4.9	3.8	3.80	21	2.464	18.2	15.3	15.60

续表

空气温度/℃	水蒸气分压/kPa	饱和时水蒸气的含量/g			空气温度/℃	水蒸气分压/kPa	饱和时水蒸气的含量/g		
		$1m^3$空气中	1kg空气蒸气混合物中	1kg干燥空气中			$1m^3$空气中	1kg空气蒸气混合物中	1kg干燥空气中
22	2.619	19.3	16.3	16.60	46	10.02	68.2	64.0	68.61
23	2.782	20.4	17.3	17.68	47	10.54	71.5	67.5	72.66
24	2.955	21.6	19.4	18.81	48	11.09	75.0	71.1	76.90
25	3.139	22.9	19.5	19.95	49	11.66	78.6	75.0	81.45
26	3.331	24.2	20.7	21.20	50	12.26	82.3	79.0	86.11
27	3.533	25.6	22.0	22.55	51	12.88	86.3	83.1	91.30
28	3.746	27.0	23.4	24.00	52	13.54	90.4	87.7	96.62
29	3.970	28.5	24.8	25.47	53	14.22	94.8	92.3	102.29
30	4.205	30.1	26.3	27.03	54	14.92	99.1	97.2	108.22
31	4.453	31.8	27.8	28.65	55	15.66	103.5	102.3	114.43
32	4.713	33.5	29.5	30.41	56	16.43	108.4	107.3	121.06
33	4.987	35.4	31.2	32.29	57	17.23	113.3	113.2	127.90
34	5.274	37.3	33.1	34.23	58	18.06	118.5	119.1	135.13
35	5.576	39.3	35.0	36.37	59	18.93	123.8	125.2	142.88
36	5.892	41.1	37.0	38.58	60	19.83	129.3	131.7	152.45
37	6.224	43.6	39.2	40.90	65	24.92	160.0	168.9	203.50
38	6.572	45.9	41.4	43.35	70	31.07	196.6	216.1	275.00
39	6.937	48.3	43.8	45.93	75	38.46	239.9	276.0	381.00
40	7.319	50.8	46.3	48.64	80	47.27	290.7	352.8	544.00
11	7.719	53.4	48.9	51.20	85	57.72	350.0	452.1	824.00
42	8.139	56.1	51.6	54.25	90	70.03	418.8	582.5	1395.0
43	8.577	58.9	54.5	67.56	95	84.47	498.3	757.6	3110.0
44	9.036	61.9	57.5	61.04	100	101.3	589.5	1000	∞
45	9.516	85.0	60.7	64.80					

2.2.2 氧　　气

表 2.2.14　饱和氧气的密度

（1）温度单位为热力学温度　　　　单位：mol/L

温度/K	70	80	90	90.18	100	110	120	130	140	150	154.8①
液体	38.59	37.16	35.67	35.65	34.08	32.34	30.41	28.17	25.38	21.14	13.33
气体	0.011	0.046	0.137	0.140	0.326	0.665	1.227	2.134	3.643	6.673	13.33

① 临界点。

（2）温度单位为摄氏度　　　　单位：g/m^3

温度/℃	0	100	200	300	400	500	700	600	800	900	1000
气体	1429	1050	826	682	580	504	447	402	363	333	306

表 2.2.15　液氧的密度　　　　单位：g/m^3

温度/℃		−210	−200	−190	−180	−170	−160	−150	−140	−135	−130	−120
压强/MPa	0.1013	1.259	1.216	1.170	1.122	1.070	1.014	0.950	0.876		0.780	0.599
	0.5				1.138							
	2.0				1.150		1.028					
	4.0				1.174		1.057		0.923	0.714		
	6.0				1.197		1.087		0.964	0.811		0.725
	8.0				1.220		1.116		1.007	0.885		0.833

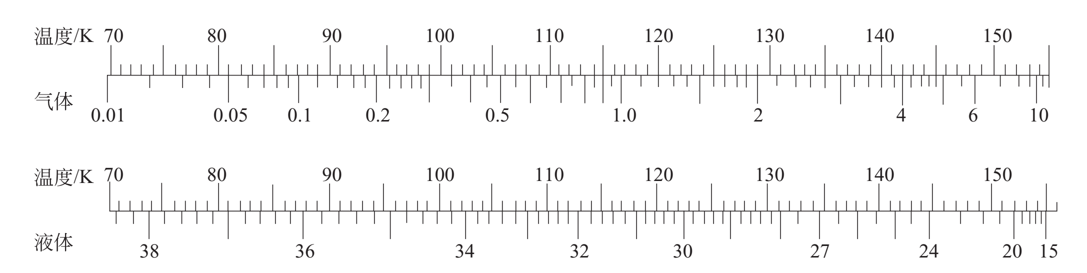


图 2.1　饱和氧的密度（单位：mol/L）

表 2.2.16　氧气在不同压强下的密度　　单位：kg/m³

温度	压　　强/MPa						温度	压　　强/MPa					
/K	0.1	0.4	1	4	7	10	/K	0.1	0.4	1	4	7	10
100	3.9566						700	0.5498	2.1971	5.4826	21.698	37.650	53.274
150	2.5846	10.572	27.725	174.86			750	0.5131	2.0506	5.1171	20.249	35.143	49.728
200	1.9305	7.7920	19.844	87.857	172.87	278.58	800	0.4810	1.9224	4.7972	18.984	32.953	46.638
250	1.5419	6.1929	15.609	65.043	118.22	173.91	850	0.4527	1.8094	4.5153	17.869	31.024	43.916
300	1.2840	5.1451	12.908	52.506	93.185	134.45	900	0.4275	1.7089	4.2647	16.879	29.314	41.500
350	1.1005	4.3496	11.017	44.317	77.739	111.25	950	0.4050	1.6190	4.0404	15.993	27.784	39.346
400	0.9624	3.8494	9.6225	38.166	67.067	95.549	1000	0.3848	1.5381	3.8387	15.196	26.407	37.408
450	0.8553	3.4200	8.5426	33.730	59.134	84.021	1100	0.3499	1.3983	3.4902	13.821	24.032	34.057
500	0.7697	3.0770	7.6826	30.243	52.965	75.141	1200	0.3207	1.2819	3.1999	12.674	22.053	31.267
550	0.6997	2.7968	6.9810	27.667	48.045	68.032	1300	0.2961	1.1833	2.9541	11.703	20.376	28.904
600	0.6414	2.5635	6.3977	25.336	43.973	62.237	1400	0.2748	1.0988	2.7435	10.871	18.936	26.872
650	0.5920	2.3662	5.9047	23.374	40.559	57.395	1500	0.2566	1.0257	2.5608	10.149	17.689	25.113

2.2.3　氢气

表 2.2.17　常压下氢的密度

（1）温度单位为热力学温度　　单位：kg/m³

项　目	温　　度/K											
	63.15	65	70	77.36	80	90	100	103.95	110	120	125	126.2
液体	868.1	860.6	840.3	807.1	794.9	745.7	689.6	664.9	621.9	524.9	436.9	311.0
气体	0.672	0.912	1.894	4.608	6.072	15.03	31.91	41.86	62.58	124.4	197.1	311.0

注：63.15K 为三相点，126.2K 为临界点。

（2）温度单位为摄氏度　　单位：g/m³

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
气体	89.9	65.7	51.9	42.8	36.4	31.7	28.1	25.2	22.8	20.9	19.2

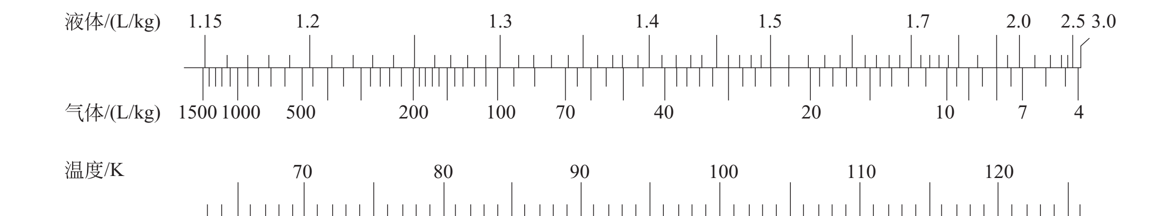


图 2.2　饱和氢的比容

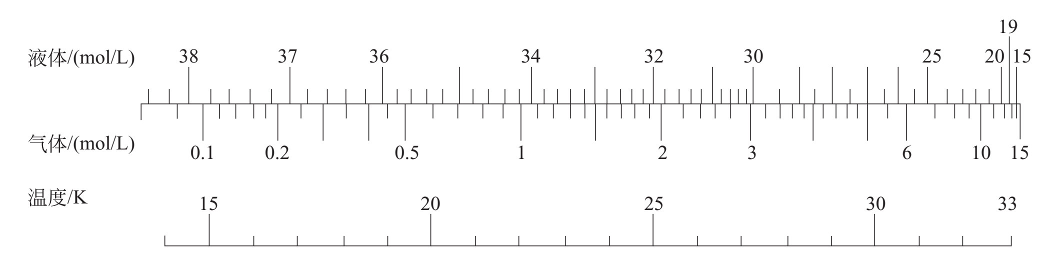


图 2.3　标准氢的密度

表 2.2.18　氢气在不同压强下的密度　　单位：kg/m³

温　度	压　　强/kPa					
/K	1	10	100	1000	7000	10000
50	0.0049	0.0487	0.4889	5.2717		
100	0.0024	0.0242	0.2425	2.4289	16.6829	22.7512
150	0.0016	0.0162	0.1615	1.6073	10.8269	14.8041
200	0.0012	0.0121	0.1211	1.2043	8.1164	11.1344
250	0.0010	0.0097	0.0970	0.9637	6.5186	8.9750
300	0.0008	0.0081	0.0808	0.8036	5.4655	7.5004
400	0.0006	0.0061	0.0606	0.6034	4.1259	5.7188
500	0.0005	0.0048	0.0485	0.4830	3.3187	4.6067
600	0.0004	0.0040	0.0404	0.4028	2.7757	3.8636

2.2.4　氮　　气

表 2.2.19　氮的密度

(1) 温度单位为热力学温度　　单位：mol/L

温度/K	13.95	14	15	16	17	18	19	20	20.38	21	22	23
液态	38.30	38.28	37.86	37.42	36.95	36.47	35.95	35.40	35.19	34.83	34.21	33.55
气态	0.063	0.064	0.104	0.159	0.232	0.327	0.447	0.595	0.660	0.776	0.995	1.257

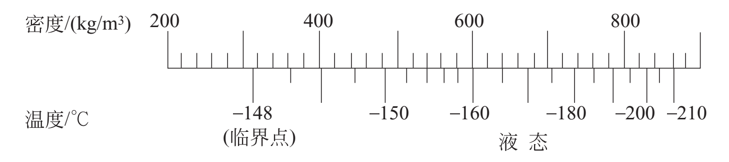
温度/K	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	33.18
液态	32.85	32.09	31.27	30.36	29.35	28.21	26.89	25.28	23.12	19.03	14.94
气态	1.569	1.938	2.377	2.900	3.527	4.290	5.241	6.482	8.701	13.18	14.94

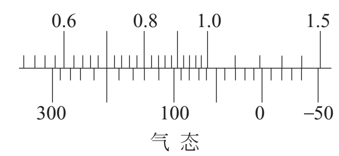
(2) 温度单位为摄氏度　　单位：kg/m³

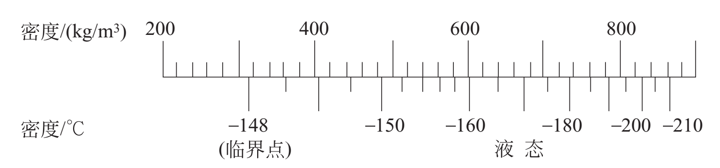
温度/℃	−200	−190	−180	−170	−160	−158	−156	−154	−152	−150	−148
液态	825.6	780.3	729.9	671.6	598.5	580.7	561.0	538.7	512.6	479.4	428.2

单位：g/m³

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
气态	1250	916	723	597	508	442	392	352	318	291	268







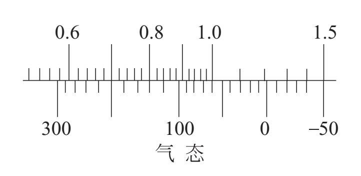


图 2.4　氮的密度

例：温度为−160℃时，液氮的密度为 602kg/m³；温度为 100℃时，氮气的密度为 0.89kg/m³

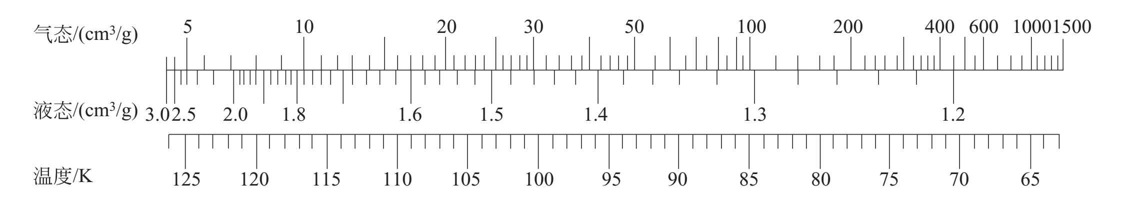


图 2.5　氮的比容

例：温度为 100K 时，液氮的比容为 1.454cm³/g；氮气的比容为 30.8cm³/g

表 2.2.20　氮气在不同压强下的密度　　单位：kg/m³

温度 /K	压强/kPa 100	400	1000	4000	7000	10000	温度 /K	压强/kPa 100	400	1000	4000	7000	10000
100	3.4306	14.821					700	0.4812	1.9226	4.7944	18.933	32.706	46.118
150	2.2594	9.1937	23.843	121.50			750	0.4492	1.7945	4.4753	17.678	30.549	43.097
200	1.6884	6.7978	17.211	73.310	135.32	199.47	800	0.4211	1.6825	4.1960	16.580	28.664	40.453
250	1.3491	5.4093	13.583	55.401	98.148	140.55	850	0.3963	1.5835	3.9496	15.613	27.002	38.127
300	1.1236	4.4969	11.252	45.110	78.779	111.79	900	0.3743	1.4956	3.7310	14.753	25.528	36.056
350	0.9628	3.8500	9.6168	38.245	66.365	93.778	950	0.3546	1.4170	3.5349	13.985	24.195	36.480
400	0.8424	3.3666	8.4019	33.280	57.576	81.199	1000	0.3369	1.3462	3.3585	13.291	23.006	32.531
450	0.7487	2.9916	7.4624	29.498	50.961	71.799	1100	0.3062	1.2239	3.0537	12.094	20.956	29.642
500	0.6737	2.6920	6.7134	26.512	45.772	64.476	1200	0.2808	1.1220	2.7999	11.096	19.236	27.228
550	0.6125	2.4470	6.1018	24.087	41.579	58.571	1300	0.2591	1.0358	2.5850	10.249	17.782	25.183
600	0.5614	2.2430	5.5931	22.077	38.117	53.710	1400	0.2407	0.9618	2.4008	9.5236	16.531	23.426
650	0.5183	2.0705	5.1629	20.383	35.199	49.614	1500	0.2246	0.8978	2.2411	8.8956	15.446	21.898

2.2.5　氯　　气

表 2.2.21　氯的比容和密度

温度 /℃	比容 液体	比容 气体	密度 液体	密度 气体	温度 /℃	比容 液体	比容 气体	密度 液体	密度 气体
−70	0.6042	1563	1655.2	0.6398	40	0.7435	28.66	1345.0	34.89
−65	0.6088	1174	1642.6	0.8519	45	0.7529	25.57	13283	39.11
−60	0.6135	894.4	1630.0	1.118	50	0.7627	22.88	1311.2	43.71
−55	0.6184	691.6	1617.2	1.446	55	0.7729	20.52	1293.8	48.74
−50	0.6233	541.8	1604.3	1.845	60	0.7837	18.44	1276.0	54.24
−45	0.6284	429.7	1591.3	2.327	65	0.7951	16.60	1257.7	60.24
−40	0.6336	344.9	1578.2	2.900	70	0.8073	14.97	1238.8	66.82
−35	0.6390	279.6	1564.9	3.577	75	0.8201	13.51	1219.3	74.05
−30	0.6445	229.0	1551.8	4.367	80	0.8339	12.20	1199.1	82.00
−25	0.6502	189.2	1538.0	5.286	85	0.8487	11.01	1178.3	90.79
−20	0.6560	157.7	1524.4	6.342	90	0.8646	9.944	1156.6	100.6
−15	0.6620	132.5	1510.5	7.549	95	0.8820	8.970	1133.8	111.5
−10	0.6682	112.1	1496.5	8.922	100	0.9010	8.082	1109.9	123.7
−5	0.6746	95.51	1482.4	10.47	105	0.9221	7.265	1084.5	137.7
0	0.6812	81.89	1468.0	12.21	110	0.9456	6.508	1057.5	153.7
5	0.6880	70.64	1453.4	14.16	115	0.9725	5.814	1028.3	172.0
10	0.6951	61.26	1438.7	16.32	120	1.0039	5.169	996.2	193.5
15	0.7024	53.40	1423.7	18.73	125	1.0415	4.570	960.2	218.4
20	0.7100	46.77	1408.5	21.38	130	1.0890	4.001	918.3	249.9
25	0.7179	41.14	1393.0	24.31	135	1.1541	3.453	866.5	289.6
30	0.7261	36.35	1377.3	27.51	140	1.2624	2.842	792.1	351.9
35	0.7346	32.22	1361.3	31.04	144①	1.7631	1.763	567.2	567.2

① 144℃为临界温度。

2.2.6　氨　　气

表 2.2.22　常压下饱和氨的比容和密度

温度/℃	比容		密度		温度/℃	比容		密度		温度/℃	比容		密度	
	液体/(L/kg)	蒸气/(m^3/kg)	液体/(kg/L)	蒸气/(kg/m^3)		液体/(L/kg)	蒸气/(m^3/kg)	液体/(kg/L)	蒸气/(kg/m^3)		液体/(L/kg)	蒸气/(m^3/kg)	液体/(kg/L)	蒸气/(kg/m^3)
−70	1.3788	9.009	0.7253	0.1110	−19	1.5066	0.5983	0.6637	1.762	16	1.6231	0.1694	0.6161	5.904
−68	1.3832	7.870	0.7230	0.1271	−18	1.5096	0.5742	0.6624	1.742	17	1.6270	0.1642	0.6146	6.094
−66	1.3876	6.882	0.7207	0.1453	−17	1.5125	0.5513	0.6611	1.814	18	1.6308	0.1591	0.6132	6.289
−64	1.3920	6.044	0.7184	0.1655	−16	1.5155	0.5285	0.6598	1.889	19	1.6347	0.1542	0.6117	6.489
−62	1.3965	5.324	0.7161	0.1878	−15	1.5185	0.5087	0.6585	1.966	20	1.6386	0.1494	0.6103	6.694
−60	1.4010	4.699	0.7138	0.2128	−14	1.5215	0.4889	0.6572	2.046	21	1.6426	0.1449	0.6088	6.904
−58	1.4056	4.161	0.7114	0.2403	−13	1.5245	0.4700	0.6559	2.128	22	1.6466	0.1405	0.6073	7.119
−56	1.4103	3.693	0.7091	0.2708	−12	1.5276	0.4520	0.6546	2.213	23	1.6507	0.1363	0.6058	7.339
−54	1.4150	3.288	0.7067	0.3041	−11	1.5307	0.4348	0.6533	2.300	24	1.6546	0.1322	0.6043	7.564
−52	1.4197	2.933	0.7044	0.3409	−10	1.5338	0.4184	0.6520	2.390	25	1.6588	0.1283	0.6028	7.795
−50	1.4245	2.623	0.7020	0.3812	−9	1.5369	0.4028	0.6503	2.483	26	1.6630	0.1245	0.6013	8.031
−48	1.4293	2.351	0.6996	0.425	−8	1.5400	0.3878	0.6497	2.579	27	1.6672	0.1209	0.5998	8.273
−46	1.4342	2.112	0.6972	0.473	−7	1.5432	0.3735	0.6480	2.678	28	1.6714	0.1174	0.5983	8.521
−44	1.4392	1.901	0.6948	0.526	−6	1.5464	0.3599	0.6467	2.779	29	1.6757	0.1140	0.5968	8.775
−42	1.4442	1.715	0.6924	0.583	−5	1.5496	0.3469	0.6453	2.883	30	1.6800	0.1107	0.5952	9.034
−40	1.4493	1.550	0.6900	0.645	−4	1.5528	0.3344	0.6440	2.991	31	1.6844	0.1075	0.5937	9.300
−39	1.4519	1.4752	0.6888	0.678	−3	1.5561	0.3225	0.6426	3.102	32	1.6888	0.1045	0.5921	9.573
−38	1.4545	1.4045	0.6875	0.712	−2	1.5594	0.3111	0.6413	3.216	33	1.6932	0.1015	0.5906	9.852
−37	1.4571	1.3377	0.6863	0.748	−1	1.5627	0.3002	0.6399	3.332	34	1.6977	0.0986	0.5890	10.138
−36	1.4597	1.2746	0.6851	0.785	0	1.5660	0.2897	0.6386	3.452	35	1.7023	0.0959	0.5875	10.431
−35	1.4623	1.2151	0.6839	0.823	1	1.5694	0.2797	0.6372	3.576	36	1.7069	0.0932	0.5859	10.731
−34	1.4649	1.1589	0.6826	0.863	2	1.5727	0.2700	0.6358	3.703	37	1.7115	0.0906	0.5843	11.038
−33	1.4676	1.1058	0.6814	0.905	3	1.5761	0.2608	0.6345	3.834	38	1.7162	0.0881	0.5827	11.353
−32	1.4703	1.0555	0.6801	0.948	4	1.5796	0.2520	0.6331	3.969	39	1.7209	0.0857	0.5811	11.675
−31	1.4730	1.0080	0.6789	0.992	5	1.5831	0.2435	0.6317	4.108	40	1.7257	0.0833	0.5795	12.005
−30	1.4757	0.9630	0.6777	1.038	6	1.5866	0.2353	0.6303	4.250	41	1.7305	0.0810	0.5779	12.340
−29	1.4784	0.9204	0.6764	1.086	7	1.5901	0.2275	0.6289	4.396	42	1.7354	0.0788	0.5762	12.689
−28	1.4811	0.8801	0.6752	1.136	8	1.5936	0.2200	0.6275	4.546	43	1.7404	0.0767	0.5746	13.042
−27	1.4839	1.8418	0.6739	1.188	9	1.5972	0.2128	0.6261	4.700	44	1.7454	0.0746	0.5729	13.404
−26	1.4867	0.8056	0.6726	1.242	10	1.6008	0.2058	0.6247	4.859	45	1.7504	0.0726	0.5713	13.774
−25	1.4895	0.7712	0.6714	1.297	11	1.6045	0.1992	0.6233	5.022	46	1.7555	0.0707	0.5696	14.153
−24	1.4923	0.7386	0.6701	1.354	12	1.6081	0.1927	0.6218	5.189	47	1.7607	0.0683	0.5680	14.540
−23	1.4951	0.7076	0.6688	1.413	13	1.6118	0.1866	0.6204	5.361	48	1.7659	0.0670	0.5663	14.936
−22	1.4980	0.6782	0.6676	1.474	14	1.6156	0.1806	0.6190	5.537	49	1.7712	0.0652	0.5646	15.341
−21	1.5008	0.6502	0.6663	1.538	15	1.6193	0.1749	0.6175	5.718	50	1.7766	0.0635	0.5629	15.756
−20	1.5037	0.6236	0.6650	1.604										

注：据另外资料介绍，温度为60℃、70℃、80℃、90℃、100℃、110℃、120℃、122℃、124℃、126℃、128℃、130℃、132℃时，液体的密度分别为0.5491kg/L、0.5311kg/L、0.5115kg/L、0.4900kg/L、0.4657kg/L、0.4369kg/L、0.3996kg/L、0.3903kg/L、0.3798kg/L、0.3677kg/L、0.3531kg/L、0.3336kg/L、0.2967kg/L。

表 2.2.23　氨气的密度

(1) 压强为变量　　单位：kg/m^3

温度/K	压强/MPa 0.1	1	10	20	30	40
300	0.68835	7.70761				
320	0.65597	6.85049	575.0259	597.9248	585.3447	617.8442
340	0.61662	6.31138	541.7516	568.1990	559.8392	592.1756
360	0.58156	5.87724	501.3522	532.7304	529.8339	562.6554
380	0.54984	5.51905	446.6505	492.3092	498.8910	532.0433
400	0.51421	5.30914	119.5958	434.5164	477.6315	480.1016
420	0.48861	5.03668	74.2860	368.0949	436.0160	446.3662
440	0.46626	4.78203	64.0202	270.4985	383.0135	417.1338
460	0.44596	4.55291	57.3071	185.4790	319.9242	382.8274
480	0.42731	4.34731	52.2947	144.3670	262.9132	340.4194
500	0.41014	4.16238	48.4325	121.8960	219.3111	298.6593
520	0.39429	3.99357	45.3113	108.1919	188.5357	262.0747
540	0.37963	3.83865	42.6676	98.3189	165.6670	232.1632
560	0.36602	3.69556	40.4142	90.5283	148.8384	208.6469
580	0.35490	3.56427	38.4587			

(2)温度为变量

温度/℃	密度/(kg/m^3)
0	0.771
30	0.700
60	0.637
100	0.564
130	0.524
160	0.488
200	0.445
250	0.404
300	0.370
350	0.340
400	0.313
450	0.292
500	0.272
550	0.257
600	0.241

表 2.2.24　过热氨蒸气的密度　　单位：g/cm^3

温度/℃	压强/kPa 50	100	200	300	400	500	600	700
−40	2.2590							
−30	2.3622	1.1463						
−20	2.4643	1.1987						
−10	2.5666	1.2501	0.6605					
0	2.6616	1.3079	0.6537	0.4128	0.3050			
10	2.7623	1.3600	0.6765	0.4407	0.3269	0.2576	0.2107	
20	2.8622	1.4104	0.7029	0.4593	0.3415	0.2698	0.2217	0.1873
30	2.9618	1.4606	0.7290	0.4778	0.3555	0.2813	0.2317	0.1963
40	3.0612	1.5104	0.7549	0.4954	0.3692	0.2924	0.2404	0.2048
50	3.1605	1.5603	0.7805	0.5129	0.3825	0.3035	0.2508	0.2131
60	3.2597	1.6098	0.8060	0.5301	0.3958	0.3144	0.2600	0.2212
70	3.3587	1.6593	0.8314	0.5472	0.4089	0.3251	0.2691	0.2291
80	3.4577	1.7087	0.8566	0.5643	0.4219	0.3357	0.2780	0.2369
90	3.5564	1.7580	0.8818	0.5812	0.4348	0.3461	0.2870	0.2446
100	3.6552	1.8073	0.9070	0.5980	0.4476	0.3565	0.2957	0.2522
110		1.8709	0.9268	0.6169	0.4604	0.3668	0.3043	0.2597
120				0.6337	0.4732	0.3771	0.3131	0.2672
130				0.6504	0.4858	0.3873	0.3216	0.2746
140				0.6665	0.4960	03976	0.3301	0.2820
150						0.4077	0.3387	0.2894
160								0.2967

续表

温度/℃	压强/kPa							
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
20	0.1873	0.1614						
30	0.1963	0.1696	0.1488	0.1321				
40	0.2048	0.1773	0.1559	0.1388	0.1247	0.1129	0.1029	0.0944
50	0.2131	0.1848	0.1627	0.1451	0.1305	0.1185	0.1083	0.0994
60	0.2212	0.1920	0.1693	0.1511	0.1362	0.1238	0.1133	0.1042
70	0.2291	0.1991	0.1757	0.1570	0.1417	0.1289	0.1180	0.1087
80	0.2369	0.2060	0.1819	0.1627	0.1470	0.1336	0.1227	0.1130
90	0.2446	0.2128	0.1881	0.1683	0.1521	0.1387	0.1272	0.1173
100	0.2522	0.2196	0.1942	0.1739	0.1572	0.1434	0.1316	0.1214
110	0.2597	0.2263	0.2002	0.1793	0.1622	0.1480	0.1359	0.1257
120	0.2672	0.2329	0.2061	0.1847	0.1672	0.1526	0.1403	0.1297
130	0.2746	0.2394	0.2120	0.1901	0.1721	0.1572	0.1445	0.1336
140	0.2820	0.2459	0.2179	0.1953	0.1770	0.1617	0.1486	0.1376
150	0.2894	0.2524	0.2237	0.2006	0.1818	0.1661	0.1527	0.1414
160	0.2967	0.2589	0.2294	0.2058	0.1866	0.1705	0.1569	0.1452
170			0.1989	0.1632	0.1961	0.1715	0.1624	0.1490
180						0.1758	0.1664	0.1527

表 2.2.25 氨水溶液的浓度和密度（Ⅰ）

密度 ρ_{20} /(g/cm³)	浓度		密度 ρ_{20} /(g/cm³)	浓度		密度 ρ_{20} /(g/cm³)	浓度	
	(质量分数)/%	/(mol/L)		(质量分数)/%	/(mol/L)		(质量分数)/%	/(mol/L)
0.998	0.046	0.027	0.958	9.87	5.55	0.918	21.50	11.59
0.996	0.512	0.299	0.956	10.40	5.84	0.916	22.12	11.90
0.994	0.977	0.570	0.954	10.95	6.13	0.914	22.75	12.21
0.992	1.43	0.834	0.952	11.49	6.42	0.912	23.39	12.52
0.990	1.89	1.10	0.950	12.03	6.71	0.910	24.03	12.84
0.988	2.35	1.365	0.948	12.58	7.00	0.908	24.68	13.16
0.986	2.82	1.635	0.946	13.14	7.29	0.906	25.33	13.48
0.984	3.30	1.91	0.944	13.71	7.60	0.904	26.00	13.80
0.982	3.78	2.18	0.942	14.29	7.91	0.902	26.67	14.10
0.980	4.27	2.46	0.940	14.88	8.21	0.900	27.33	14.40
0.978	4.76	2.73	0.938	15.47	8.52	0.898	28.00	14.76
0.976	5.25	3.01	0.936	16.06	8.83	0.896	28.67	15.08
0.974	5.75	3.29	0.934	16.65	9.13	0.894	29.33	15.40
0.972	6.25	3.57	0.932	17.24	9.44	0.892	30.00	15.71
0.970	6.75	3.84	0.930	17.85	9.75	0.890	30.68	16.04
0.968	7.26	4.12	0.928	18.45	10.06	0.888	31.37	16.36
0.966	7.77	4.41	0.926	19.06	10.37	0.886	32.09	16.69
0.964	8.29	4.69	0.924	19.67	10.67	0.884	32.84	17.05
0.962	8.82	4.98	0.922	20.27	10.97	0.882	34.00	17.40
0.960	9.34	5.27	0.920	20.88	11.28	0.880	34.35	17.75

表 2.2.26　氨水的浓度及密度（Ⅱ）　　单位：g/cm³

氨水浓度（质量分数）/%	温度/℃								
	−15	−10	−5	0	5	10	15	20	25
1		0.9943	0.9954	0.9959	0.9958	0.9955	0.9948	0.9939	0.993
2		0.9906	0.9915	0.9919	0.9917	0.9913	0.9905	0.9895	0.988
4		0.9834	0.9840	0.9842	0.9837	0.9832	0.9822	0.9811	0.980
6	0.977	0.9766	0.9769	0.9767	0.9760	0.9753	0.9742	0.9790	0.972
8	0.970	0.9701	0.9701	0.9695	0.9686	0.9677	0.9665	0.9651	0.964
10	0.964	0.9638	0.9635	0.9627	0.9616	0.9604	0.9591	0.9575	0.956
12	0.958	0.9576	0.9571	0.9561	0.9548	0.9534	0.9519	0.9501	0.948
14	0.952	0.9517	0.9510	0.9497	0.9483	0.9467	0.9450	0.9430	0.941
16	0.947	0.9461	0.9450	0.9435	0.9420	0.9402	0.9383	0.9362	0.934
18		0.9406	0.9392	0.9357	0.9357	0.9388	0.9317	0.9295	
20		0.9353	0.9335	0.9316	0.9296	0.9275	0.9253	0.9229	
22		0.9300	0.9280	0.9258	0.9237	0.9214	0.9190	0.9164	
24		0.9249	0.9226	0.9202	0.9179	0.9155	0.9129	0.9101	
26		0.9199	0.9174	0.9418	0.9123	0.9077	0.9069	0.9040	
28		0.9150	0.9122	0.9094	0.9067	0.9040	0.9010	0.8980	
30		0.9101	0.9070	0.9040	0.9012	0.8983	0.8951	0.8920	

表 2.2.27　氨水溶液的浓度及密度（Ⅲ）

（1）15℃时

浓度（质量分数）/%	密度 ρ_{20} /(g/cm³)
32	0.8892
34	0.8832
36	0.8772
38	0.8712
40	0.8651
45	0.8490
50	0.8320
55	0.8150
60	0.7960
65	0.7760
70	0.7550
75	0.7330
80	0.7110
85	0.6880
90	0.6650
95	0.6420
100	0.6180

（2）20℃时

浓度		密度 ρ_{15} /(g/cm³)	浓度		密度 ρ_{15} /(g/cm³)
（质量分数）/%	/(g/L)		（质量分数）/%	/(g/L)	
1	99.4	0.9939	16	1498	0.9362
2	197.9	0.9895	17	1586	0.9328
3	295.5	0.9853	18	1673	0.9295
4	392.4	0.9811	19	1760	0.9262
5	488.5	0.9770	20	1846	0.9229
6	583.8	0.9730	21	1931	0.9196
7	678.3	0.9690	22	2016	0.9164
8	772.1	0.9651	23	2100	0.9132
9	865.2	0.9613	24	2184	0.9101
10	957.5	0.9575	25	2267	0.9070
11	1049	0.9538	26	2350	0.9040
12	1140	0.9501	27	2432	0.9010
13	1230	0.9465	28	2514	0.8980
14	1320	0.9430	29	2595	0.8950
15	1409	0.9396	30	2676	0.8920

表 2.2.28 氨-二氧化碳-水物系的液相密度

液相的质量分数/%			密度/(g/cm^3)				
CO_2	NH_3	H_2O	60℃	65℃	70℃	75℃	80℃
2.0	52.6	45.4	0.820	0.812	0.805	0.801	1.002
2.59	38.41	59.00	0.857	0.853	0.849	0.843	0.838
3.90	70.5	25.60	0.730	0.724	0.718	0.713	0.706
4.46	1.61	93.93	1.030	1.028	1.025	1.022	1.021
6.10	73.40	20.50	0.739	0.733	0.728	0.722	0.716
6.10	61.60	32.30	0.777	0.770	0.764	0.758	0.752
6.15	4.26	89.59	1.024	1.022	1.019	1.016	1.013
7.38	5.11	87.51	1.042	1.040	1.039	1.035	1.033
7.65	13.90	78.45	1.013	1.008	1.006	1.004	1.002
7.70	2.78	89.52	1.043	1.048	1.048	1.056	1.059
7.70	41.20	51.10	0.903	0.897	0.895	0.889	0.888
10.10	23.20	66.70	1.003	0.999	0.997	0.993	0.989
10.75	17.45	71.80	1.038	1.033	1.029	1.027	1.024
10.80	37.70	51.50	0.957	0.952	0.948	0.946	0.951
11.75	47.70	40.55	0.918	0.912	0.908	0.904	0.901
11.80	69.90	18.30	0.800	0.797	0.782	0.782	0.779
12.20	57.50	30.30	0.849	0.843	0.838	0.834	0.829
12.32	8.52	79.16	1.075	1.072	1.069	1.067	1.065
12.60	58.10	29.30	0.854	0.845	0.841	0.835	0.832
12.70	29.00	58.30	1.015	1.011	1.007	1.004	1.000
13.10	17.60	69.30	1.047	1.043	1.038	1.036	1.034
13.50	59.60	27.10	0.850	0.846	0.883	0.833	0.828
15.80	49.20	35.00	0.917	0.911	0.907	0.903	0.899
16.00	30.50	53.50	1.024	1.021	1.016	1.012	1.008
17.20	45.30	37.50	0.948	0.944	0.940	0.936	0.934
17.50	12.10	70.40	1.114	1.111	1.108	1.105	1.102
17.60	40.50	41.90	0.980	0.974	0.974	0.983	0.980
20.15	48.20	31.65	0.957	0.955	0.951	0.947	0.943
20.55	38.10	41.35	1.017	1.012	1.010	1.008	1.003
20.20	14.70	64.10	1.130	1.126	1.123	1.120	1.117
21.75	41.20	37.02	1.003	1.001	0.998	0.996	0.994
25.00	22.60	51.80	1.165	1.164	1.163	1.162	1.160
29.10	29.10	41.80	1.111	1.110	1.109	1.128	1.107

2.2.7 一氧化碳

表 2.2.29 气态一氧化碳的密度 单位：kg/m^3

温度/K	压强/kPa										
	1	10	40	70	100	400	700	1000	4000	7000	10000
200	0.01685	0.16853	0.67462	1.18151	1.68937	6.81176	12.0157	17.3022			
220	0.01532	0.1532	0.61362	1.07353	1.53451	6.1723	10.8609	15.6005			
240	0.01404	0.14042	0.56191	0.9837	1.40589	5.64519	9.91588	14.2179			
260	0.01296	0.12961	0.5186	0.90779	1.29713	5.20203	9.12672	13.0697	53.3953		
280	0.01203	0.12036	0.48149	0.87274	1.20414	4.82468	8.45664	12.0999	49.0051	86.3376	123.411
300	0.01123	0.11233	0.44936	0.78647	1.12359	4.49873	7.88039	11.2371	45.3468	79.4512	113.062
320	0.01053	0.1053	0.42123	0.73721	1.05321	4.21464	7.37899	10.5448	42.2401	73.7234	104.583

续表

温度/K	压强/kPa										
	1	10	40	70	100	400	700	1000	4000	7000	10000
340	0.00991	0.09911	0.39644	0.69378	0.99112	3.96463	6.93783	9.91113	39.5691	68.8508	97.4687
360	0.00936	0.0936	0.37441	0.65479	0.93588	3.74409	6.54741	9.35070	37.2194	64.6289	91.3414
380	0.00887	0.08868	0.35468	0.62063	0.88658	3.54459	6.19951	8.85117	35.1578	60.948	86.0409
400	0.00842	0.08424	0.33693	0.58964	0.84226	3.36638	5.88665	8.40394	33.3246	57.6897	81.3717
420	0.00802	0.08023	0.32089	0.56150	0.80208	3.20549	5.60478	7.99936	31.6833	54.7900	77.2235
440	0.00766	0.07658	0.3063	0.53596	0.76555	3.05933	5.34857	7.63309	30.2037	52.2027	73.5232
460	0.00732	0.07325	0.29298	0.51265	0.73228	2.92606	5.11487	7.29859	20.1608	48.9126	71.7085
480	0.00702	0.07020	0.28076	0.49128	0.70175	2.80379	4.90087	6.99341	27.628	47.7094	67.1724
500	0.00674	0.06738	0.26953	0.47163	0.67367	2.69134	4.70423	6.71211	26.5114	45.7556	64.4145
520	0.00648	0.06480	0.25915	0.45349	0.64775	2.58775	4.5229	6.45343	25.4757	43.9672	61.8875
540	0.00624	0.06240	0.24957	0.43668	0.62375	2.49175	4.35496	6.21356	24.5178	42.3175	59.5759
560	0.00602	0.06017	0.24065	0.42108	0.60146	2.40274	4.19917	5.99142	23.6492	40.7881	57.4198
580	0.00581	0.05809	0.23234	0.40656	0.58072	2.31978	4.05426	5.78414	22.8191	39.3847	55.4467
600	0.00562	0.05616	0.22460	0.39300	0.56137	2.24252	3.91908	5.59583	22.0764	38.0572	53.5978
620	0.00543	0.05435	0.21735	0.38033	0.54325	2.17003	3.79255	5.41068	21.3476	36.8371	51.8783
640	0.00526	0.05265	0.21057	0.36844	0.52628	2.10235	3.67408	5.24157	20.6763	35.6910	50.2600
660	0.00511	0.05165	0.20419	0.35729	0.51033	2.03852	3.56274	5.08273	20.0540	34.6147	48.7661
680	0.00496	0.04955	0.19817	0.34676	0.49531	1.97862	3.45789	4.93334	19.4718	33.5979	47.3418
700	0.00481	0.04814	0.19252	0.33686	0.48117	1.92206	3.35917	4.79248	18.9185	32.6498	46.0084
720	0.00468	0.04680	0.18717	0.32750	0.46780	1.86874	3.26598	4.65941	18.3853	31.7501	44.7458
740	0.00455	0.04553	0.18211	0.31866	0.45517	1.81820	3.17781	4.53374	17.8914	30.9007	43.5598
760	0.00443	0.04434	0.17732	0.31028	0.44319	1.77040	3.09421	4.41447	17.4178	30.0903	42.4242
780	0.00432	0.0432	0.17277	0.30231	0.43182	1.72502	3.01492	4.30152	16.9928	29.3411	41.3651
800	0.00421	0.04212	0.16845	0.29476	0.42103	1.68196	2.9397	4.19412	16.5584	28.6092	40.3486
900	0.00374	0.03744	0.14974	0.26174	0.37422	1.49611	2.61305	3.72898	14.7317	25.4778	35.9531
1000	0.00337	0.03370	0.13476	0.23581	0.33684	1.34581	2.3525	3.35683	13.2702	22.9689	32.4452
1100	0.00306	0.03063	0.12252	0.21438	0.30623	1.22362	2.13897	3.05236	12.0851	20.9155	29.5679
1200	0.00281	0.02808	0.11231	0.19653	0.28071	1.12172	1.96098	2.79854	11.0782	19.196	27.1586
1300	0.00259	0.02592	0.10367	0.1814	0.25912	1.03547	1.81031	2.58390	10.2389	17.7444	25.1134
1400	0.00241	0.02407	0.09627	0.16845	0.24061	0.96161	1.6813	2.39969	9.51383	16.5096	23.3668
1500	0.00225	0.02246	0.08985	0.15722	0.22458	0.89757	1.56933	2.24006	8.88589	15.4233	21.8447
1600	0.00211	0.02106	0.08424	0.14739	0.21054	0.84148	1.47150	2.10047	8.33466	14.4657	20.5095
1700	0.00198	0.01982	0.07928	0.13873	0.19816	0.79202	1.38502	1.97716	7.84805	13.6261	19.3336
1800	0.00187	0.01872	0.07488	0.13102	0.18717	0.74812	1.30821	1.86749	7.41521	13.3160	18.3590
1900	0.00177	0.01774	0.07094	0.12412	0.17731	0.70884	1.23950	1.76946	7.02939	12.2235	17.3405
2000	0.00169	0.01685	0.06738	0.11791	0.16845	0.6734	1.17759	1.6812	6.68088	11.6115	16.4801
2100	0.00160	0.01605	0.06418	0.11230	0.16042	0.64128	1.12154	1.60123	6.36496	11.0682	15.7194
2200	0.00153	0.01532	0.06126	0.10720	0.15313	0.61216	1.07069	1.52867	6.07753	10.5744	15.0096
2300	0.00147	0.01465	0.0586	0.10253	0.14670	0.58600	1.02397	1.46230	5.81562	10.1203	14.3675
2400	0.00140	0.01404	0.05616	0.09826	0.14037	0.56122	0.98155	1.40151	5.57517	9.70432	13.7936
2500	0.00135	0.01348	0.05391	0.09433	0.13476	0.53878	0.94236	1.34554	5.3539	9.32126	13.2505
2600	0.00130	0.01296	0.05184	0.09070	0.12957	0.51809	0.90613	1.29381	5.14950	8.9659	12.7377
2700	0.00125	0.01248	0.04992	0.08734	0.12479	0.49892	0.87256	1.24593	4.96003	8.63892	12.2829
2800	0.00120	0.01203	0.04814	0.08423	0.12032	0.48108	0.84147	1.20160	4.78431	8.33188	11.8482
2900	0.00116	0.01162	0.04647	0.08132	0.11617	0.46451	0.81255	1.16024	4.61926	8.04846	11.4438
3000	0.00112	0.01123	0.04493	0.07861	0.1123	0.44905	0.78539	0.12163	4.46658	7.78266	11.0685

2.2.8 二 氧 化 碳

表 2.2.30 常压下二氧化碳的密度和比容

温度/℃	比容 液体/(m^3/kg)	比容 蒸气/(m^3/kg)	密度 液体/(kg/m^3)	密度 蒸气/(g/m^3)	温度/℃	比容 液体/(m^3/kg)	比容 蒸气/(m^3/kg)	密度 液体/(kg/m^3)	密度 蒸气/(g/m^3)
−95.6	629	1518.5	1588.9	0.66	−35	913	32.008	1094.9	31.25
−95	629	1453.5	1589.1	0.69	−30	931	27.001	1074.2	37.04
−90	632	884.96	1582.3	1.13	−25	950	22.885	1052.6	43.70
−85	636	595.24	1573.3	1.68	−20	971	19.466	1029.5	51.37
−80	639	393.70	1564.9	2.54	−15	994	16.609	1006.1	60.20
−75	642	270.27	1556.2	3.70	−10	1019	14.190	980.8	70.47
−70	647	190.50	1545.6	5.25	−5	1048	12.141	953.8	82.36
−65	652	129.03	1534.7	7.75	0	1081	10.383	924.8	96.31
−60	657	92.590	1522.5	10.80	5	1120	8.850	891.0	113.0
−56.6	661	72.240	1512.4	13.84	10	1166	7.519	858.0	133.0
−56.6	849	72.240	1177.9	13.84	15	1223	6.323	817.9	158.0
−55	853	67.620	1172.1	14.79	20	1298	5.269	770.7	189.8
−50	866	55.407	1153.5	18.05	25	1417	4.232	705.8	236.3
−45	881	45.809	1134.5	21.83	30	1677	2.979	596.4	335.7
−40	897	38.164	1115.0	26.20	31	2156	2.156	463.9	463.9

注：横线上方为液态，下方为固态。

表 2.2.31 不同压强下二氧化碳气体的密度　　单位：kg/m^3

温度/K	压强/kPa 10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
200	0.2430							
220	0.2409	2.4412						
240	0.2208	2.2287	9.2136	16.732	24.982			
260	0.2037	2.0531	8.4159	15.111	22.221			
280	0.1892	1.9021	7.7575	13.851	20.208			
300	0.1766	1.7738	7.2024	12.807	18.586	92.227		
320	0.1655	1.6613	6.7261	11.920	17.246	80.385	178.50	431.86
340	0.1558	1.5616	6.3109	11.152	16.103	72.354	146.88	260.76
360	0.1471	1.4748	5.9459	10.491	15.108	66.208	128.77	209.72
380	0.1394	1.3958	5.6222	9.909	14.251	61.263	116.10	181.11
400	0.1324	1.3257	5.3332	9.3844	13.481	57.167	106.32	161.83
420	0.1261	1.2626	5.0726	8.9188	12.801	53.677	98.54	147.58
440	0.1203	1.2043	4.8368	8.4976	12.180	50.646	92.08	136.32
460	0.1151	1.1520	4.6226	8.1157	11.628	48.004	86.58	127.01
480	0.1093	1.1036	4.4272	7.7684	11.124	45.652	81.89	119.45
500	0.1059	1.0592	4.2476	7.4497	10.661	43.550	77.73	112.95
520	0.1018	1.0187	4.0818	7.1566	10.237	41.647	74.03	107.15
540	0.0980	0.9808	3.9298	6.8862	9.8513	39.934	70.71	102.03
560	0.0946	0.9458	3.7877	6.6355	9.4910	38.367	67.72	97.43
580	0.0913	0.9131	3.6554	6.4036	9.1566	36.925	65.02	93.31
600	0.0882	0.8826	3.5330	6.1874	8.8448	35.593	62.55	89.58
620	0.0854	0.8542	3.4185	5.9851	8.5546	34.362	60.28	86.19
640	0.0827	0.8273	3.3109	5.7956	8.2831	33.220	58.19	83.09
660	0.0802	0.8023	3.2093	5.6189	8.0287	32.149	56.27	80.23
680	0.0779	0.7787	3.1145	5.4521	7.7898	31.164	54.47	77.58
700	0.0756	0.7564	3.0257	5.2952	7.5637	30.226	52.78	75.14
720	0.0735	0.7353	2.9408	3.1461	7.3514	29.350	51.22	72.85
740	0.0715	0.7154	2.8608	5.0059	7.1510	28.532	49.74	70.71

续表

温　度 /K	压　　强/kPa							
	10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
760	0.0697	0.6966	2.7858	4.8737	6.9606	27.761	48.37	68.72
780	0.0679	0.6788	2.7137	4.7483	6.7810	27.019	47.07	66.84
800	0.0662	0.6618	2.6456	4.6289	6.6102	26.329	45.84	65.07
900	0.0588	0.5882	2.3515	4.1126	5.8718	23.340	40.58	57.56
1000	0.0529	0.5293	2.1156	3.6951	5.2817	21.008	36.45	51.68
1100	0.0481	0.4812	1.9230	3.3633	4.8017	19.065	33.12	46.92
1200	0.0441	0.4408	1.7631	3.0830	4.4009	17.476	30.34	43.01
1300	0.0407	0.4072	1.6279	2.8461	4.0623	16.123	28.02	39.70
1400	0.0378	0.3781	1.5114	2.6427	3.7721	14.977	26.01	36.87
1500	0.0353	0.3529	1.4107	2.4660	3.5212	13.983	24.28	34.43

表 2.2.32　二氧化碳气体和液体的比容（低温）　　　单位：dm^3/kg

温度 /℃	压　　强/MPa											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5
−30	453.16	225.26	148.47	105.20	86.68	72.03	52.17	41.09	33.21	0.9307	0.9293	0.9280
−20	472.39	235.21	155.03	115.34	91.33	75.38	55.33	43.37	35.31	27.20	0.9708	0.9687
−10	491.59	245.03	161.71	120.45	95.49	78.92	58.11	45.69	37.33	28.97	20.55	15.27
0	510.74	254.80	168.34	125.50	99.60	82.41	60.84	47.95	39.29	30.62	21.91	16.59
10	529.86	264.54	174.92	130.52	103.67	85.86	63.53	50.16	41.20	32.22	23.23	17.77
20	548.94	274.26	181.01	135.52	107.72	89.28	66.18	52.34	43.06	33.79	24.50	18.88
30	567.99	283.94	188.01	140.48	111.74	92.67	68.79	54.47	44.89	35.32	25.73	19.94
40	587.01	293.60	194.50	145.41	115.72	96.02	71.37	56.58	46.69	36.81	26.92	20.95
50	606.01	303.24	200.98	150.31	119.68	99.35	73.92	58.65	48.46	38.28	28.07	21.93

温度 /℃	压　　强/MPa											
	3	4	5	6	8	10	15	20	30	40	50	100
−30	0.9267	0.9243	0.9220	0.9199								
−20	0.9667	0.9631	0.9596	0.9563								
−10	1.016	1.010	1.004	0.9990								
0	12.95	1.0695	1.0596	1.0507	1.0357	1.0228	0.9959	0.9754	0.9441	0.9210	0.9022	0.8370
10	14.08	9.245	1.1482	1.1303	1.1021	1.0867	1.0434	1.0144	0.9758	0.9480	0.9262	0.8516
20	15.10	10.25	7.110	1.2790	1.2146	1.1723	1.1021	1.0632	1.0109	0.9771	0.9516	0.8664
30	16.05	11.12	8.070	5.810	1.4146	1.2957	1.1783	1.1228	1.0490	1.0091	0.9786	0.8780
40	16.96	11.91	8.823	6.687	3.567	1.642	1.217	1.257	1.039	1.043	1.008	0.8881
50	17.82	12.66	9.499	7.384	4.551	2.581	1.378	1.322	1.119	1.073	1.037	0.8959

注：横线以前为气体，以后为液体。

表 2.2.33　二氧化碳气体的比容（中、高温）　　单位：dm^3/kg

温度	压强/MPa											
/℃	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10	20	30	40	50
50	618.7	116.9	61.86	20.98	12.18	7.270	4.271	2.460	1.304	1.110	1.074	1.037
100	714.5	136.1	72.24	25.30	15.30	9.941	6.980	5.285	2.027	1.502	1.310	1.211
200	905.9	173.8	93.00	33.20	20.81	14.02	10.36	8.180	3.843	2.561	2.000	1.720
300	1097	211.4	113.2	41.34	25.77	17.76	13.19	10.53	5.192	3.524	2.727	2.257
400	1289	248.7	133.1	48.86	30.56	21.11	15.84	12.67	6.403	4.355	3.391	2.796
500	1480	285.7	153.1	56.26	35.28	24.45	18.40	14.78	7.542	5.096	4.004	3.299
600	1672	322.6	173.1	63.96	39.96	27.75	20.91	16.77	8.575	5.839	4.549	3.779
700	1863	359.3	193.1	71.74	44.59	31.02	23.41	18.80	9.569	6.628	5.108	4.236

表 2.2.34　液-气饱和二氧化碳的密度和比容

温度/℃		−56.6	−55	−50	−47.5	−45	−42.5	−40	−37.5	−35
压力/MPa		0.51779	0.55507	0.68352	0.75217	0.83259	0.91496	1.00518	1.09835	1.2022
密度	液体	1178	1172	1153.5	1144.4	1134.5	1125	1115	1105	1094.9
/(kg/m^3)	气体	13.9	14.8	18.1	19.9	21.8	23.9	26.2	28.7	31.2
比容	液体	0.000849	0.000853	0.000887	0.000873	0.000881	0.000889	0.000897	0.000905	0.000913
/(m^3/kg)	气体	0.072200	0.067600	0.055407	0.050520	0.045809	0.04178	0.038164	0.034900	0.032008
温度/℃		−32.5	−30	−27.5	−25	−22.5	−20	−17.5	−15	−12.5
压力/MPa		1.30919	1.42687	1.54553	1.68086	1.83188	1.96721	2.12902	2.28887	2.46147
密度	液体	1084.5	1074.2	1063.6	1052.6	1041.7	1029.9	1018.5	1006.1	993.8
/(kg/m^3)	气体	33.9	37	40.2	43.8	47.5	51.4	55.7	60.2	65.3
比容	液体	0.000922	0.000931	0.00094	0.000950	0.00096	0.000971	0.000982	0.000994	0.001006
/(m^3/kg)	气体	0.02948	0.027001	0.02485	0.022885	0.02107	0.019468	0.01795	0.016609	0.01532
温度/℃		−10	−7.5	−5	−2.5	0	2.5	5	7.5	10
压力/MPa		2.64682	2.84395	3.04496	3.25679	3.48528	3.72162	3.97169	4.23647	4.50616
密度	液体	980.8	968	953.8	940	924.8	910	893.1	876	858
/(kg/m^3)	气体	70.5	76.2	82.4	89.0	96.3	104.3	113.0	122.3	133.0
比容	液体	0.001019	0.001033	0.001048	0.001063	0.001081	0.0011	0.00112	0.001142	0.001166
/(m^3/kg)	气体	0.014194	0.01312	0.012141	0.01123	0.010383	0.009584	0.00885	0.008175	0.007519
温度/℃		12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	31
压力/MPa		4.78859	5.09259	5.40316	5.73297	6.06541	6.43218	6.80091	7.1922	7.35107
密度	液体	838.5	817.9	795.5	771.1	742.9	709.5	666.4	595.1	463.9
/(kg/m^3)	气体	144.7	158.0	173.2	189.8	210.4	236.3	271.8	335.7	463.9
比容	液体	0.001193	0.001223	0.001253	0.001297	0.001346	0.001409	0.001501	0.00168	0.002156
/(m^3/kg)	气体	0.00691	0.006323	0.005774	0.005269	0.004753	0.004232	0.003679	0.002979	0.002156

2.2.9　二 氧 化 硫

表 2.2.35　饱和二氧化硫的密度

温度	压力	密度/(kg/m^3)		比容/(m^3/kg)		温度	压力	密度/(kg/m^3)		比容/(m^3/kg)	
/℃	/MPa	液体	气体	液体/$\times10^{-3}$	气体	/℃	/MPa	液体	气体	液体/$\times10^{-3}$	气体
−50	0.01157	1557	0.4015	64.23	2.4907	−30	0.03805	1509	1.2220	66.27	0.8183
−47.5	0.01363	1551	0.4682	64.48	2.1359	−27.5	0.04344	1503	1.3843	66.53	0.7224
−45	0.01599	1545	0.5424	64.72	1.8436	−25	0.04943	1497	1.5610	66.80	0.6406
−42.5	0.01863	1539	0.6270	64.98	1.5950	−22.5	0.05619	1490	1.7578	67.10	0.5689
−40	0.02158	1533	0.7209	65.23	1.3872	−20	0.06355	1484	1.9720	67.39	0.5071
−37.5	0.02511	1527	0.8275	65.49	1.2085	−17.5	0.07179	1477	2.2085	67.69	0.4428
−35	0.02883	1521	0.9446	65.75	1.0586	−15	0.08071	1471	2.4643	67.98	0.4058
−32.5	0.03325	1515	1.0771	66.01	0.9284	−12.5	0.09061	1464	2.7465	68.29	0.3641

续表

温度/℃	压力/MPa	密度/(kg/m³) 液体	密度/(kg/m³) 气体	比容/(m³/kg) 液体/×10⁻³	比容/(m³/kg) 气体	温度/℃	压力/MPa	密度/(kg/m³) 液体	密度/(kg/m³) 气体	比容/(m³/kg) 液体/×10⁻³	比容/(m³/kg) 气体
−10	0.1014	1458	3.0488	68.59	0.3280	27.5	0.42590	1363	11.72	73.38	0.0853
−7.5	0.11327	1452	3.3829	68.88	0.2956	30	0.46189	1356	12.66	73.75	0.0790
−5	0.12611	1446	3.7383	69.16	0.2675	32.5	0.50043	1349	13.66	74.14	0.0732
−2.5	0.14024	1440	4.1305	69.45	0.2421	35	0.54113	1342	14.70	74.53	0.0680
0	0.15544	1434	4.5455	69.74	0.2200	37.5	0.58448	1334	15.82	74.95	0.0632
2.5	0.17211	1428	5.000	70.05	0.2000	40	0.63027	1327	17.01	75.36	0.0588
5	0.18986	1422	5.482	70.35	0.1824	42.5	0.67891	1319	18.28	75.78	0.0547
7.5	0.20937	1415	6.010	70.66	0.1664	45	0.73030	1311	19.57	76.22	0.0511
10	0.23016	1409	6.556	70.97	0.1523	47.5	0.78463	1303	20.96	76.66	0.0477
12.5	0.25272	1403	7.168	71.30	0.1395	50	0.84171	1295	22.42	77.12	0.0446
15	0.27684	1396	7.812	71.63	0.1280	52.5	0.90211	1289	23.92	77.59	0.0418
17.5	0.30283	1389	8.496	71.97	0.1177	55	0.96576	1281	25.58	78.08	0.0391
20	0.33048	1383	9.225	72.31	0.1084	57.5	1.03264	1273	27.24	78.57	0.0367
22.5	0.36030	1376	10.01	72.66	0.0999	60	1.10325	1264	29.07	79.09	0.0344
25	0.39197	1370	10.83	73.01	0.0923						

表 2.2.36　二氧化硫水溶液的密度(15.5℃)

二氧化硫浓度(质量分数)/%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ/(kg/m³)	1004.0	1009.1	1014.1	1019.1	1024.1	1029.2	1034.2	1039.3	1044.3	1049.3

2.2.10　二 氧 化 氯

表 2.2.37　二 氧 化 氯的密度

(1) 二氧化氯液体

温度/℃	−60[①]	−30	−20	−17	5
ρ/(kg/m³)	1973	1907	1788	1735	1635

① 熔化温度。

(2) 二氧化氯水溶液

16℃		20℃		35℃		45℃	
/(g/L)	/(kg/m³)	/(g/L)	/(kg/m³)	/(g/L)	/(kg/m³)	/(g/L)	/(kg/m³)
6.59 11.25 18.00 26.05	1002.7 1005.8 1008.0 1011.6	4.94 13.48	1000.7 1004.7	7.93 7.99 9.60	998.2 998.3 999.2	4.78	993.1

2.2.11　二 氟 化 硫

表 2.2.38　二氟化硫的密度　　单位：g/cm³

温度/℃	−195[①]	−150[①]	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20
ρ	2.683	2.510	1.878	1.791	1.742	1.670	1.599	1.540	1.478	1.379
温度/℃	25	30	35	40	41	42	43	44	45	46
ρ	1.332	1.265	1.196	1.102	1.066	1.039	1.032	0.966	0.827	0.673

① 固体。

2.2.12　乙　硼　烷

表 2.2.39　乙硼烷气体的密度　　单位：kg/m^3

温　度 /K	压　强/kPa								
	10	50	100	400	700	1000	4000	7000	10000
160	0.21004								
170	0.19696								
180	0.18584								
190	0.17592	0.90188							
200	0.16703	0.85132							
210	0.15899	0.80688	1.6887						
220	0.15170	0.76719	1.5805						
230	0.14508	0.73160	1.4892	6.3626					
240	0.13900	0.69935	1.4103	5.9443	11.058	17.015			
250	0.13342	0.67076	1.3511	5.6533	10.413	15.793			
260	0.12827	0.64446	1.2969	5.3946	9.8607	14.801			
270	0.12350	0.62014	1.2471	5.1627	9.3797	13.969			
273.16	0.12206	0.61287	1.2321	5.0927	9.2397	13.733			
280	0.11908	0.59765	1.2011	4.9523	8.9536	13.254			
290	0.11495	0.57674	1.1585	4.7602	8.5720	12.629			
298.16	0.11181	0.55854	1.1258	4.6163	8.1666	12.153	82.446	248.37	283.12
300	0.11111	0.55732	1.1189	4.5838	8.2272	12.073	78.474	243.08	279.49
320	0.10415	0.52211	1.0475	4.2711	7.6258	11.126	59.505	172.87	236.84
340	0.098019	0.49111	0.98474	4.0013	7.1165	10.338	50.806	118.89	193.21
360	0.092566	0.46360	0.92921	3.7655	6.6767	9.6680	45.148	95.131	155.73
380	0.087689	0.43905	0.87967	3.5586	6.2922	9.0886	40.999	81.722	129.67
400	0.083294	0.41698	0.83520	3.3707	5.9523	8.5811	37.749	72.718	112.32
420	0.079320	0.39697	0.79495	3.2039	5.6490	8.1310	35.097	66.062	100.06
440	0.075712	0.37889	0.75860	3.0533	5.3765	7.7315	32.876	60.843	90.842
460	0.072421	0.36234	0.72532	2.9165	5.1301	7.3665	30.963	56.599	83.591
480	0.069404	0.34720	0.69489	2.7916	4.9063	7.0385	29.301	53.040	77.684
500	0.066626	0.33327	0.66695	2.6773	4.7017	6.7400	27.837	49.997	72.744
520	0.064056	0.32011	0.64114	2.5723	4.5132	6.5677	26.707	47.226	68.575
540	0.061684	0.30853	0.61731	2.4750	4.3411	6.2154	25.357	45.021	64.877
560	0.059481	0.29750	0.59516	2.3848	4.1813	5.9837	24.294	42.948	61.668
580	0.057430	0.28720	0.57452	2.3013	4.0331	5.7692	23.328	41.088	58.820
600	0.055516	0.27760	0.55531	2.2236	3.8949	5.5698	22.444	39.407	56.270
650	0.051245	0.25621	0.51245	2.0504	3.5892	5.1286	20.522	35.822	50.898
700	0.047585	0.23793	0.47585	1.9029	3.3288	4.7539	18.927	32.896	46.588
750	0.044414	0.22205	0.44405	1.7749	3.1040	4.4312	17.577	30.459	43.033
800	0.041637	0.20817	0.41626	1.6633	2.9080	4.1497	16.412	28.388	40.037
850	0.039188	0.19591	0.39175	1.5651	2.7353	3.9026	14.879	26.543	37.561
900	0.037011	0.18503	0.36997	1.4777	2.5822	3.6836	14.523	25.041	35.239
950	0.035062	0.17527	0.35046	1.3997	2.4455	3.4882	13.738	23.665	33.280
1000	0.033310	0.16660	0.33309	1.3296	2.3227	3.3128	13.036	22.440	31.545
1100	0.030280	0.15136	0.30264	1.2085	2.1110	3.0103	11.833	20.355	28.596
1200	0.027758	0.13875	0.27742	1.1076	1.9348	2.7589	10.839	18.638	26.181
1300	0.025623	0.12809	0.25608	1.0223	1.7859	2.5464	10.002	17.200	24.159
1400	0.023793	0.11893	0.23778	0.9493	1.6583	2.3646	9.2877	15.975	22.442
1500	0.022206	0.11100	0.22193	0.8860	1.5478	2.2070	8.6707	14.917	20.961

表 2.2.40　乙硼烷在饱和状态时的密度

类　别	温　　度/K									
	130	140	150	160	170	175	180	185	190	195
液体/(kg/m³)	481.75	471.56	461.20	450.64	439.87	434.38	428.81	423.70	417.44	411.61
气体/(kg/m³)	0.04349	0.11920	0.27913	0.57806	1.0863	1.4450	1.8890	2.4312	3.0855	3.8669
类　别	温　　度/K									
	200	205	210	215	220	222	224	226	228	230
液体/(kg/m³)	405.66	399.58	393.38	386.96	380.46	377.29	375.07	372.32	369.52	366.69
气体/(kg/m³)	4.7914	5.8715	7.1421	8.5582	10.303	11.049	11.839	12.673	13.554	14.486
类　别	温　　度/K									
	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250
液体/(kg/m³)	363.81	360.88	357.90	354.87	351.76	348.60	345.37	342.06	338.66	335.18
气体/(kg/m³)	15.469	16.508	17.604	18.763	19.987	21.281	22.649	24.097	25.631	27.256
类　别	温　　度/K									
	252	254	256	258	260	262	264	266	268	270
液体/(kg/m³)	331.60	327.92	324.10	320.15	316.07	311.81	307.37	302.71	297.81	292.62
气体/(kg/m³)	28.982	30.814	32.764	34.844	37.066	39.445	42.002	44.758	47.741	50.986
类　别	温　　度/K									
	272	274	276	278	280	282	284	286	288	289.9
液体/(kg/m³)	287.11	281.20	274.80	267.80	260.02	251.18	240.84	228.06	210.35	165.82
气体/(kg/m³)	54.538	58.454	62.814	67.732	73.367	79.985	88.046	92.512	114.16	165.82

2.2.13　氯化氢和氰化氢

表 2.2.41　氯化氢的密度

类　　别	温　　度/℃									
	−104	−102	−100	−98	−96	−94	−92	−90	−88	−86
液态/(g/cm³)	1.2432	1.2376	1.2299	1.2237	1.2199	1.2168	1.2121	1.2047	1.1973	1.1937
类　　别	温　　度/℃									
	−85	−80	−60	−40	−30	−20	0	20	40	51.4①
液态/(g/cm³)	1.191	1.178	1.122	1.063	1.031	0.997	0.924	0.831	0.697	0.424
气态/(g/cm³)	0.0025	0.0032	0.0083	0.017	0.023	0.032	0.054	0.097	0.180	0.424

① 临界温度。

表 2.2.42　氰化氢的密度

温度/℃	25.6	160	170	180	183.5
气体/(g/L)	1.1	50	77	120	200

2.2.14　其他无机气体

表 2.2.43　其他无机气体的密度　　　单位：g/m³

名　称	温　　度/℃										
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
氩	1784	1305	1030	850	724	627	558				
氦①	1785	1305	1030	850		627	558				
氪	3740	2740	2160	1780	1520	1320	1170				
氖	900	659	519	429	365	318	281				
氙	5890	4310	3400	2810	2390	2080	1840				
烟气①	1295	950	748	617	525	457	405	363	329	301	275

① 其成分为 CO_2 13%，水蒸气 11%，氮气 76%（体积分数）；当温度为 1100℃、1200℃时，其值为 257g/m³、240g/m³。

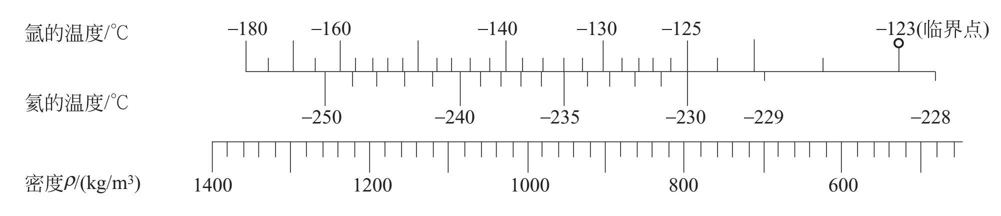


图 2.6　氩和氦液体的密度

表 2.2.44　其他无机液化气体的密度　　　　单位：g/cm³

名称	温度/℃							
	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40
COS	1.284	1.241	1.198	1.152	1.104	1.052	0.995	0.931
HBr		2.834	2.735	2.630	2.518	2.396	2.260	2.103
HF		1.218	1.174	1.130	1.085	1.038	0.990	0.941
HI				3.016	2.924	2.827	2.724	2.613
H_2S①		0.9644	0.9323	0.8984	0.8622	0.8232	0.7803	0.7317
NO	0.793	0.936^{-110}	1.038^{-120}	1.124^{-130}	1.199^{-140}	1.268^{-150}	1.331^{-160}	
N_2O		1.189	1.130	1.065	0.991	0.903	0.783	0.687^{30}
$N_2O_4$②						1.627	1.558	1.484
名　称	温度/℃							
	60	80	100	120	140	160	180	200
COS	0.856	0.759	0.505					
HBr	1.910	1.618	1.373^{88}					
HF	0.889	0.834	0.776	0.712	0.640	0.554	0.426	0.348^{186}
HI	2.490	2.359	2.204	2.013	1.728	1.377^{150}		
H_2S②	0.6739	0.5970	0.4254					
N_2O	0.547^{36}							
$N_2O_4$②	1.405	1.319	1.222	1.108	0.956	0.840^{150}	0.768^{154}	

① 15℃时。

② 20℃时。

注：右上角的数字为与其相对应的温度（℃）。

表 2.2.45　无机气体在沸点时的密度

气体	氙 Xe	氩 Ar	氪 Kr	氖 Ne	氦 He	硫化氢 H_2S
密度/(kg/m³)	3060	1404	2160	1207	125	920

2.3　气体的黏度

2.3.1　空　　气

表 2.3.1　常压下干空气的动力黏度

类　别	温度/℃								
	−180	−150	−100	−50	−20	0	10	20	30
运动黏度 ν/St	175	314	596	965	1200	1390	1466	1570	1658
动力黏度 η/Pa·s	6.472	8.591	11.856	14.808	16.279	17.456	17.848	18.240	18.682
类　别	温度/℃								
	40	50	60	70	80	90	100	120	140
运动黏度 ν/St	1760	1858	1940	2065	2150	2282	2360	3590	2820
动力黏度 η/Pa·s	19.123	19.515	19.907	20.398	20.79	21.231	21.673	22.555	23.340

续表

类　别	温　　度/℃								
	150	160	180	200	250	300	350	400	500
运动黏度 ν/St	2940	3060	3300	3550	4220	4920	5650	6460	8100
动力黏度 η/Pa・s	23.732	24.124	24.909	25.693	27.557	29.322	30.989	32.754	35.794
类　别	温　　度/℃								
	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600
运动黏度 ν/St	9880	11895	13700	18000	18100	20600	22700	27800	33200
动力黏度 η/Pa・s	38.638	41.580	43.64	46.876	48.445	51.191	52.662	56.781	60.409

注：临界黏度为 19.3μPa・s。

表 2.3.2　不同压强下空气的黏度

（1）　　　　单位：μPa・s

压强 p /MPa	温　　度/℃					
	25	50	75	100	150	200
5.0	19.4	20.6	21.5	22.6	24.4	26.1
10	20.7	21.7	22.5	23.5	25.1	26.5
20	24.4	24.8	25.3	25.7	26.7	27.3
30	28.5	28.4	28.1	28.0	28.2	28.4
40	32.6	31.7	30.9	30.3	30.0	29.6
50	36.5	35.2	33.9	33.0	31.8	30.9
60	40.4	38.5	37.1	35.7	34.0	32.5
80	48.2	45.5	43.3	41.4	38.8	36.8

（2）

温　度 /K	压　　强/atm				
	3	10	20	30	40
300	17.8	17.8	18.4	18.4	18.4
400	22.4	22.4	22.7	22.7	22.7
500	26.4	26.4	26.5	26.5	26.5
600	30.0	30.0	29.9	29.9	29.9
700	33.3	33.3	33.1	33.1	33.1
800	36.3	36.3	36.2	36.2	36.2
900	39.2	39.2	39.1	39.1	39.1
1000	41.9	41.9	41.9	41.9	41.9
1100	44.4	44.4	44.5	44.5	44.5
1200	46.9	46.9	47.0	47.0	47.0
1300	49.3	49.3	49.4	49.4	49.4
1400	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7
1500	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
1600	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3
1700	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5
1800	60.7	60.7	60.7	60.7	60.7
1900	62.9	62.9	62.9	62.9	62.9
2000’	65.0	62.9	65.1	65.1	65.1
2100	67.2	65.0	67.2	67.2	67.2
2200	69.3	69.3	69.4	69.4	69.4
2300	71.4	71.4	71.5	71.5	71.5

续表

温度/K	压强/atm				
	3	10	20	30	40
2400	73.5	73.5	73.6	73.6	73.6
2500	75.7	75.7	75.8	75.8	75.8
2600			77.9	77.9	77.9
2700			80.0	80.0	80.0
2800			82.1	82.1	82.1

注：1atm=101325Pa。

2.3.2 氧　　气

表 2.3.3　常压下氧气的黏度

(1) 温度单位为摄氏度

类别	温度/℃											
	−200	−150	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80
动力黏度 η/μPa·s	5.65	11.14	9.92	14.19	15.61	17.03	18.15	19.20	20.25	21.30	22.35	23.40
运动黏度 $\nu/(\times10^{-6}m^2/s)$							11.04	13.40	15.36	17.13	19.05	21.16

类别	温度/℃										
	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
动力黏度 η/μPa·s	24.40	26.50	29.00	33.10	36.90	40.00	43.50	46.98	49.30	53.44	56.49
运动黏度 $\nu/(\times10^{-6}m^2/s)$	23.40	29.10	35.20	48.70	63.80	78.90	97.5	109.1	135.7		

注：临界黏度为 25.0μPa·s。

(2) 温度单位为热力学温度

项目	温度/K									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
η/μPa·s	7.680	11.27	14.65	17.77	20.67	23.37	25.89	28.28	30.54	32.70
$\nu/(\times10^{-6}m^2/s)$		4.387	7.593	11.45	15.86	20.80	26.18	31.99	38.34	45.06

项目	温度/K								
	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
η/μPa·s	34.70	36.70	38.50	40.30	42.40	43.80	45.40	47.00	48.50

表 2.3.4　不同压强下氧气的黏度

压强/MPa	温度/℃			压强/MPa	温度/℃	
	15	50	100		15.8	54.8
0.1	19.93	21.82	24.37	0.1	19.97	22.07
2.2	20.13	22.11	24.60	2	20.24	—
4.2	20.55	22.49	24.00	5	20.93	22.88
6.2	21.04	22.95	25.25	10	22.50	24.34
8.2	21.88	23.45	25.64	15	24.51	26.10
10.2	22.60	24.01	26.08	20	28.88	
12.2	23.51	24.63	26.55	30	33.20	
				40	37.60	
				50	43.30	
				60	48.62	
				70	53.92	

表 2.3.5　液氧的黏度

温度/℃	−210	−200	−190	−180	−170	−160	−150	−140	−130	−120
η/mPa·s	0.503	0.325	0.234	0.180	0.146	0.123	0.099	0.079	0.061	0.046

2.3.3　氢　　气

表 2.3.6　常压下氢气的黏度

项　　目	温　　度/℃											
	−250	−200	−150	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60
动力黏度/μPa·s	0.67	3.29	4.65	6.03	6.55	7.09	7.65	8.04	8.40	8.80	9.18	9.59
运动黏度/$\times 10^{-2}$St								84.0	93.5	105.0	117.3	130.0
项　　目	温　　度/℃											
	80	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
动力黏度/μPa·s	9.96	10.30	11.30	12.10	13.90	15.40	16.87	18.30	19.71	21.00	22.36	23.73
运动黏度/$\times 10^{-2}$St	143.0	156.6	195.0	233	324	423	534	651	875	918	1070	1230

注：临界黏度为34.7μPa·s。1St＝1×10^{-4} m²/s。

表 2.3.7　不同压强下氢气的黏度　　　　单位：μPa·s

压强/MPa	温　　度/℃						
	15	25	50	100	150	200	250
0.1	8.649	8.846	9.336	10.29	11.24	12.08	12.93
5	8.661	8.861	9.344	10.31	11.78	12.09	12.94
10	8.833	9.039	9.509	10.48	14.32	12.19	13.03
20	9.10	9.31	9.77	1070	11.55	12.35	13.15
30	9.403	9.579	10.03	10.88	11.79	12.48	13.28
40	9.75	9.94	10.35	11.15	11.95	12.65	13.40
50	9.984	10.26	10.37	11.37	12.03	12.81	13.53
60	10.50	—	—	11.65	12.35	13.00	13.70
80	11.13	11.46	11.53	12.17	13.37	13.70	13.96

2.3.4　氮　　气

表 2.3.8　常压下氮气的黏度

（1）温度单位为摄氏度

类　　别	温　　度/℃											
	−200	−150	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80
动力黏度 η/μPa·s							15.75	16.60	17.48	18.35	19.25	20.00
(化学纯)动力黏度 η/μPa·s	4.90	8.35	11.30	12.40	13.55	14.65	15.60	16.74	17.70	18.58	19.00	20.30
运动黏度 ν/($\times 10^{-6}$m²/s)							11.67	13.30	15.00	16.85	18.80	20.65

类　　别	温　　度/℃										
	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
动力黏度 η/μPa·s	20.82	22.90	24.60	28.10	31.10	33.93	36.60	39.62	41.30	45.00	47.50
(化学纯)动力黏度 η/μPa·s	21.20	23.40	25.40								
运动黏度 ν/($\times 10^{-6}$m²/s)	22.30	28.30	34.10	47.20	61.40	76.90	93.50	113	130	154	177

注：临界黏度为18.0μPa·s。

（2）温度单位为热力学温度

类　别	温　度/K									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
η/μPa·s	6.867	10.14	12.97	15.44	17.67	19.73	21.67	23.51	25.27	26.96
ν/($\times 10^{-6}$ m^2/s)			7.568		15.63		25.74		37.66	

类　别	温　度/K								
	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
η/μPa·s	28.60	30.18	31.73	33.23	34.71	36.15	37.56	38.95	40.31
ν/($\times 10^{-6}$ m^2/s)	51.19		65.13		81.46		91.06		117.2

表 2.3.9　不同压强下氮气的黏度

压强 p /MPa	温　度/℃							
	0	25	50	75	100	150	200	250
0.1	16.65	17.75	18.80	19.85	20.90	22.80	24.60	26.40
2	16.05	18.05	19.05	20.10	211.50	23.00	24.80	26.55
5	17.60	18.60	19.55	20.50	215.50	23.40	25.10	26.80
10	19.05	19.85	20.60	21.45	22.30	24.00	25.65	27.30
15	20.90	21.35	21.80	22.45	23.25	24.75	26.30	27.80
20	23.00	23.05	23.25	23.70	24.30	25.65	27.00	28.45
30	27.50	26.80	26.45	26.55	26.75	27.60	28.60	29.80
40	32.00	30.75	29.95	29.65	29.40	29.70	30.25	31.20
50	36.75	34.60	33.35	32.60	32.20	31.90	32.10	32.75
60	41.25	38.50	36.70	35.65	34.90	31.05	33.90	34.30
70		42.25	39.95	38.65	37.65	36.30	35.80	35.90
80		45.80	43.25	41.60	40.30	38.50	37.70	37.50

表 2.3.10　液氮的黏度

温度/℃	−200	−190	−180	−170	−160	−150
η/mPa·s	0.190	0.134	0.101	0.070	0.052	0.036

2.3.5　氯　　气

表 2.3.11　氯的黏度

类　别	温　度/℃											
	−40	−20	0	20	40	60	80	100	150	200	300	400
气态动力黏度/μPa·s		11.45	12.30	13.20	14.10	15.00	15.90	16.80	18.90	21.00	25.00	28.70
液态动力黏度/μPa·s	510	444	385	345	314	288	266	249				
气态运动黏度/($\times 10^{-6}$ m^2/s)		3.09	3.80	4.36	5.02	5.66	6.36	7.15	9.10	11.50	16.25	

注：气态氯的临界黏度为 42.0μPa·s。

2.3.6　氦　　气

表 2.3.12　常压氦气的黏度

类　别	温　度/℃										
	−250	−200	−150	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40
动力黏度/μPa·s	2.68	7.90	11.20	14.00	15.06	16.00	16.85	17.50	18.60	19.55	20.40
运动黏度/($\times 10^{-6}$ m^2/s)								9.12	10.40	11.74	13.12

续表

类　别	温　度/℃										
	60	80	100	150	200	300	400	500	600	700	800
动力黏度/μPa·s	21.35	22.05	22.90	25.02	27.00	30.70	34.20	37.52	40.70	43.74	46.50
运动黏度/(×$10^{-6}$$m^2$/s)	14.55	15.97	17.50	21.63	26.20	36.10	47.30		72.80		102.5

注：临界黏度为25.4μPa·s。

表 2.3.13　不同压强下氦气的黏度

压强 p /MPa	温　度/℃				压强 p /MPa	温　度/℃			
	−50.1	−24.8	0	25		−50.1	−24.8	0	25
6.905	16.01	17.24	18.55	19.9	40.92	17.34	18.39	19.31	20.42
13.71	16.22	17.34	18.53	19.83	54.54	17.94	18.80	19.93	21.03
20.52	16.54	17.58	18.76	200.7	681.5	18.79	19.71	20.68	21.54
27.32	16.68	17.81	18.84	201.5					

2.3.7　氩　　气

表 2.3.14　常压氩气的黏度

类　别	温　度/℃										
	−200	−150	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60
动力黏度/μPa·s	6.26	9.78	13.76	15.38	16.96	18.48	19.90	21.20	22.20	23.38	24.63
运动黏度/(×$10^{-6}$$m^2$/s)								11.90	13.30	14.92	16.71

类　别	温　度/℃									
	80	100	150	200	300	400	500	600	700	800
动力黏度/μPa·s	25.89	27.10	29.77	32.10	36.70	41.00	45.11	48.70	52.10	55.40
运动黏度/(×$10^{-6}$$m^2$/s)	18.65	20.70	26.03	31.20	43.30	56.50		87.50		123.0

注：临界黏度为26.4μPa·s。

表 2.3.15　不同压强下氩气的黏度

压强 p /MPa	温　度 t/℃					
	0	15	25	50	100	200
2.5	21.80	22.65	23.20	24.65	27.45	32.65
5	22.90	23.70	24.25	25.55	28.15	33.30
10	25.85	26.40	26.80	27.80	29.95	34.40
15	29.10	29.20	29.35	32.65	31.95	35.70
20	32.65	32.25	32.25	37.80	33.90	37.15
30	40.30	38.85	38.30	30.10	38.00	40.00
40	48.65	46.25	45.10	43.55	42.20	42.90
47.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.20

2.3.8　氖　　气

表 2.3.16　氖气的黏度

类　别	温　度/℃														
	0	20	40	60	80	100	150	200	300	400	500	600	700	800	827
动力黏度/μPa·s	29.70	31.11	32.48	33.81	35.01	36.38	39.46	42.46	48.25	53.45	58.45	62.96	66.77	70.76	72.10
运动黏度/(×$10^{-6}$$m^2$/s)	33	36.8	40.9	45.4	50.1	55	68.1	82	112	146	185	224			

注：临界黏度为15.6μPa·s。

2.3.9 氙 和 氪

表 2.3.17 氙气的黏度

类 别	温 度/℃											
	0	20	40	60	80	100	150	200	300	400	500	600
动力黏度/μPa·s	21.08	22.60	24.00	25.40	26.90	28.24	31.65	34.81	40.70	46.38	51.39	54.92
运动黏度/($\times 10^{-6}m^2/s$)	3.4	4.0	4.7	5.3	5.9	6.6	8.3	10.2	14.50	19.40	24.7	29.9

注：临界黏度为 49.0μPa·s。

表 2.3.18 氪气的黏度

类 别	温 度/℃											
	0	20	40	60	80	100	150	200	300	400	500	600
动力黏度/μPa·s	23.44	24.85	26.29	27.74	29.18	30.60	34.02	37.26	43.25	48.54	53.45	59.23
运动黏度/($\times 10^{-6}m^2/s$)	6.3	7.2	8.1	9.1	10.1	11.2	14.0	17.2	24.3	32.0	40.5	50.6

注：临界黏度为 39.6μPa·s。

2.3.10 氟 气

表 2.3.19 液氟的动力黏度

温度/K	69	70	72	74	76	78	80	82	83.2
η/μPa·s	418.5	394.9	362.0	340.1	320.7	301.1	282.3	265.7	256.9

2.3.11 氨 气

表 2.3.20 氨气的黏度

（1）温度单位为热力学温度

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
黏度/μPa·s	6.890	8.530	10.27	12.06	13.90	15.76	17.63	19.50	21.40

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
黏度/μPa·s	23.20	25.10	26.90	28.80	30.60	32.40	34.10	35.90

（2）温度单位为摄氏度

类 别	温 度/℃							
	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60
动力黏度/μPa·s	6.75	7.30	7.95	8.60	9.30	10.05	10.78	11.45
运动黏度/($\times 10^{-6}m^2/s$)				6.81	12.0	14.00	16.00	18.10

类 别	温 度/℃							
	80	100	150	200	300	400	500	600
动力黏度/μPa·s	12.45	12.80	14.60	16.67	18.43	24.32	31.68	31.96
运动黏度/($\times 10^{-6}m^2/s$)	20.35	22.70	29.30	36.00	58.0	78.7	103	134

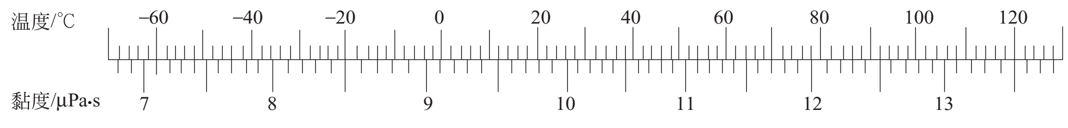


图 2.7 氨气的黏度

表 2.3.21　液氨和过热蒸气的黏度

单位：μPa·s

温度/℃	压强/MPa 0.1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	35	45	55	65	75	80
30	10.7		137.4	139.0	140.6	142.3	143.8	145.1	146.7	147.8	149.2	150.6	152.3	153.7	160.5	166.5	172.4	177.4	181.7	182.9
40	11.0		126.0	127.7	129.3	130.8	132.5	133.9	135.4	136.8	137.9	139.6	140.8	142.7	149.6	156.2	162.2	167.2	171.6	172.8
50	11.3	11.4		116.5	118.1	119.6	121.3	122.9	124.4	125.8	126.9	128.6	129.7	131.8	138.7	145.7	151.7	156.7	161.1	162.3
60	11.6	11.7		105.6	107.2	108.9	110.6	112.2	113.8	115.1	116.3	118.1	119.1	121.2	128.3	135.5	141.5	146.7	151.1	152.3
70	12.9	12.0		94.7	96.5	98.4	100.2	101.5	103.5	104.9	106.4	108.1	109.3	111.2	118.5	125.7	131.7	136.9	141.3	142.6
80	12.2	12.3	12.5	83.9	86.1	88.0	90.0	91.8	93.8	95.5	97.2	98.8	100.3	102.0	109.6	116.6	122.6	127.8	132.2	133.5
90	12.5	12.6	12.8	13.4	75.5	77.8	80.0	82.2	84.4	86.3	88.5	90.1	91.8	93.7	101.0	108.3	114.4	119.6	124.2	125.5
100	12.8	12.9	13.1	13.5	65.0	67.9	70.7	73.4	75.7	78.0	80.2	82.2	84.1	85.9	93.4	100.6	106.6	111.8	116.4	117.7
110	13.2	13.3	13.5	13.9		57.9	62.5	65.4	68.0	70.7	73.0	75.1	77.0	78.8	86.5	93.4	99.3	104.5	109.2	110.5
120	13.6	13.6	13.9	14.3	15.0		53.0	56.8	60.1	63.0	65.4	67.7	69.9	71.6	79.5	86.1	91.9	97.2	102.1	103.6
130	13.9	14.0	14.3	14.7	15.2	16.3	20.7	45.8	50.7	54.0	57.0	59.6	61.9	64.0	72.6	79.5	84.9	90.3	94.2	88.8
140	14.3	14.4	14.7	15.1	15.6	16.3	18.6	28.8	39.6	44.4	48.1	51.1	54.0	56.3	65.9	73.4	78.8	83.8	88.6	90.1
150	14.6	14.7	15.0	15.4	15.9	16.5	17.5	20.3	26.4	35.3	39.9	43.5	46.6	49.2	60.0	67.8	73.2	78.2	82.9	84.4
160	15.0	15.0	15.3	15.6	16.2	16.9	17.5	18.5	20.8	26.0	31.9	36.1	39.7	42.8	54.6	62.7	68.5	73.2	78.2	79.6
170	15.3	15.4	15.6	16.0	16.5	17.0	17.7	18.6	20.2	23.6	27.1	30.6	34.5	37.6	49.7	58.1	64.2	69.0	74.0	75.4
180	15.7	15.8	16.0	16.3	16.8	17.3	17.9	18.8	19.9	22.3	24.5	27.1	30.7	33.5	45.3	54.0	60.4	65.3	70.4	72.0
190	16.0	16.1.	16.4	16.6	17.0	17.5	18.2	19.0	19.8	21.5	23.0	25.1	27.8	30.3	41.6	50.3	57.0	61.9	67.0	68.6
200	16.4	16.5	16.7	16.9	17.3	17.8	18.5	19.2	19.8	21.0	22.4	23.9	25.8	27.8	38.7	47.0	53.6	59.1	63.9	65.5
210	16.7	16.9	17.1	17.2	17.7	18.0	18.8	19.4	20.0	21.1	22.2	23.0	24.5	26.4	36.3	44.2	50.7	56.1	61.0	62.5
220	17.1	17.2	17.4	17.6	18.0	18.3	19.0	19.5	20.1	21.1	22.0	22.5	23.6	25.5	34.3	41.8	48.0	53.4	58.4	59.8
230	17.4	17.5	17.7	17.9	18.3	18.6	19.2	19.7	20.3	21.1	21.9	22.4	23.2	24.8	32.6	39.7	45.8	51.1	56.0	57.2
240	17.8	17.9	18.1	18.2	18.6	18.9	19.4	19.9	20.5	21.1	21.8	22.4	23.2	24.3	31.2	37.7	43.8	49.0	53.7	55.0
250	18.1	18.2	18.4	18.6	18.9	19.2	19.6	20.0	20.5	21.1	21.7	22.4	23.2	24.2	29.7	36.3	41.7	47.2	51.7	53.2

注：横线左边为过热蒸气，右边为液体。

表 2.3.22　饱和氨的黏度

项目	温度/℃ −70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40
液体/μPa·s	46.55	38.55	32.45	27.73	24.03	20.50	17.16	15.00	13.04	11.47	136.0	124.0
蒸气/($\times 10^{-6} m^2/s$)					0.354	0.304	0.263	0.235	0.209	0.183	10.75	11.15

项目	温度/℃ 50	60	70	80	90	100	110	120	125	130	131.5	132.4
液体/μPa·s	113.5	103.0	92.2	82.6	73.2	64.0	56.0	48.4	43.7	37.3	33.1	26.1
蒸气/($\times 10^{-6} m^2/s$)	11.55	12.00	12.45	12.9	13.35	13.95	14.70	16.25	17.60	20.20	22.50	26.10

注：氨蒸气的临界黏度为30.9μPa·s。

表 2.3.23 常压氨水的黏度

温度/℃	−70	−65	−60	−55	−50	−45	−40	−35	−30
η/mPa·s	0.488	0.428	0.380	0.348	0.317	0.293	0.276	0.258	0.247

表 2.3.24 氨水溶液的比黏度（25℃）

浓度/(mol/L)	1.0	0.5	0.25	0.125
$\eta/\eta_{水}$	1.0245	1.0105	1.0058	1.0030

表 2.3.25 不同压强下氨气的黏度　　单位：μPa·s

压强	温　度/℃								
/MPa	30	80	100	120	140	150	160	200	250
0.1	10.4	12.2	12.9	13.6	14.3	146.5	15.0	16.4	18.2
2.0	13.7	12.4	13.0	13.8	14.5	14.4	15.2	16.6	18.3
4.0	—	—	13.3	14.1	14.8	15.2	15.5	16.8	18.5
5.0	139.0	84.0	13.5	14.3	15.0	15.4	15.7	17.0	18.7
6.0	—	85.2	—	14.6	15.3	15.7	16.0	17.2	18.8
7.0	—	86.2	—	—	15.6	16.0	16.3	17.4	19.0
8.0	—	87.3	—	—	15.9	16.8	16.6	17.6	19.1
10.0	143.0	89.2	69.5	51.0	17.2	17.1	17.2	18.1	19.5
12.5	—	91.5	72.9	56.2	26.0	18.7	18.3	18.9	20.0
15.0	146.5	93.8	76.0	60.4	40.0	28.0	21.0	20.0	20.6
20.0	150.0	98.2	81.5	67.0	50.0	42.3	34.6	23.3	22.2
30.0	158.0	106.2	90.0	75.8	62.0	55.5	49.8	34.0	27.0
40.0	165.0	113.6	97.5	83.2	69.8	64.7	59.4	43.6	33.1
50.0	—	—	—	89.5	—	71.0	—	51.0	39.2
60.0	—	—	—	95.0	—	76.2	—	56.7	45.0
70.0	—	—	—	100.3	—	81.0	—	62.0	50.2
80.0	—	—	—	105.2	—	85.9	—	66.9	54.2

2.3.12 一 氧 化 碳

表 2.3.26 常压一氧化碳气体的黏度

(1) 温度单位为热力学温度

温度/K	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
η/μPa·s	6.809	10.02	12.85	15.37	17.68	19.82	21.82	23.70	25.49	27.19

温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
η/μPa·s	28.82	30.40	31.92	33.40	34.84	36.25	37.62	38.97	40.29

(2) 温度单位为摄氏度

类　别	温　度/℃											
	−200	−150	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80
动力黏度/μPa·s	4.97	8.63	11.59	12.71	13.86	14.92	15.95	16.80	17.68	18.55	19.15	20.24
运动黏度/($\times10^{-6}$m²/s)							11.86	13.50	15.16	17.00	18.96	21.00

类　别	温　度/℃										
	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
动力黏度/μPa·s	21.02	22.00	24.70	27.90	29.90	34.42	36.20	40.40	41.38	46.00	48.74
运动黏度/($\times10^{-6}$m²/s)	22.70	28.40	34.30	46.85	61.8	83.0	96.0	115	135	157	180

注：临界黏度为19.0μPa·s。

表 2.3.27　不同压强下一氧化碳气体的黏度　　　　单位：μPa·s

压强/MPa	温度/℃ 0	25	50	100	150	200	250
1	166.0	176.5	187.0	207.5	227.0	245.0	262.5
2	169.0	179.5	190.0	210.5	220.0	247.0	264.5
5	175.0	185.0	194.5	214.5	232.0	250.0	267.0
10	189.5	199.0	205.0	222.5	238.5	256.0	271.5
15	208.0	214.0	217.5	232.0	246.5	263.0	277.0
20	230.0	230.5	231.5	243.0	255.0	271.0	283.0
30	274.0	268.0	264.0	268.0	276.5	287.0	297.0
40	317.5	306.5	298.5	295.0	295.0	303.5	—
50	360.0	345.0	333	322.5	318.5	320.0	—
60		382.5	366	349.0	340.5	340.0	—
80		455	430	401.0	382.0	376.0	—

2.3.13　二氧化碳的黏度

表 2.3.28　常压下二氧化碳气体的黏度

（1）温度单位为热力学温度

温度/K	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
η/μPa·s	12.80	15.19	17.44	19.56	21.57	23.48	25.30	27.05	28.74	30.37
温度/K	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1250	1300
η/μPa·s	31.95	33.47	34.96	36.40	37.80	39.17	42.13	44.62	45.82	47.01
温度/K	1400	1500	1600	1700	1750	1800	1900	2000	2500	
η/μPa·s	49.29	51.48	53.59	55.64	56.58	57.62	59.54	61.43	70.04	

（2）温度单位为摄氏度

类别	温度/℃ −100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80	100
动力黏度/μPa·s	8.66	10.30	10.61	11.55	12.80	13.80	14.70	15.70	16.70	17.55	18.45
运动黏度/($\times10^{-6}m^2/s$)					5.62	7.00	8.02	9.05	10.30	12.10	12.80

类别	温度/℃ 150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
动力黏度/μPa·s	20.74	22.60	26.40	30.20	33.93	37.66	41.09	44.62	48.15	51.48
运动黏度/($\times10^{-6}m^2/s$)		19.2	27.3	36.7	47.2	58.3	71.4	85.3	100	116

注：临界黏度为 34.3μPa·s。

表 2.3.29　不同压强下二氧化碳的黏度

（1）　　　　单位：μPa·s

温度/℃	压强/MPa 0.1	2	5	7	8	9	10	12	15
20	14.62	15.48	18.40	72.33	76.59	79.60	82.48	87.78	94.82
30	15.10	15.78	18.23	22.39	51.10	59.58	64.05	72.82	80.42
40	15.60	16.29	17.96	21.04	24.15	32.11	46.67	60.88	67.85
60	16.50	17.29	18.36	20.72	23.50	26.97	29.21	38.94	47.35
90	17.90	18.20	18.97	20.23	21.01	21.89	22.86	25.63	30.86
100	18.25	18.54	19.48	20.35	20.94	21.52	22.28	24.23	28.19
150	20.45	20.75	21.39	21.87	22.17	22.46	22.84	23.82	25.48
200	22.54	22.80	23.39	23.82	24.17	24.47	24.76	25.35	26.51
250	24.56	24.85	35.38	25.88	26.07	26.37	26.62	27.24	28.07

续表

温度/℃	压力/MPa							
	20	25	30	40	50	60	70	80
20	103.60	111.22	117.74	129.04	139.36	149.16		
30	90.39	98.82	105.63	117.22	127.93	137.75	147.53	155.46
40	79.79	88.02	95.37	107.44	117.85	127.48	136.41	145.08
60	58.81	69.43	77.45	90.72	101.63	111.28	120.30	128.69
90	41.33	50.76	58.99	72.39	83.33	93.00	101.30	109.14
100	37.48	46.48	54.14	67.17	78.15	87.34	95.48	103.20
150	29.54	34.48	39.42	49.29	58.63	66.98	74.63	81.78
200	28.87	31.79	35.13	42.23	49.16	55.89	62.24	68.36
250	29.69	31.67	33.64	38.61	44.04	49.75	55.23	60.45

(2)

压力		在下列温度(℃)时的黏度/μPa·s						
atm	MPa	−15	−10	0	10	20	30	40
5	0.49033	13.533	13.729	13.925	14.220	14.612	14.906	15.691
10	0.98087	14.024	14.220	14.220	14.416	14.808	15.102	15.887
15	1.47100	14.710	14.710	14.612	14.514	16.004	15.298	16.083
20	1.96133	15.495	15.298	15.004	14.808	15.200	15.495	16.377
25	2.45166	116.209	16.085	15.396	15.200	15.495	15.887	16.573
30	2.94200	118.072	112.188	15.985	15.593	15.789	16.181	16.867
35	7.43233	120.033	114.346	17.260	15.945	16.181	16.573	17.260
40	3.92266	120.916	116.209	103.558	16.769	16.671	16.966	17.652
45	4.41299	122.289	117.878	106.108	17.946	11.162	17.358	18.142
50	4.90333	123.564	119.249	108.462	89.633	17.848	17.848	18.633
55	5.39366	124.741	120.622	110.521	92.673	18.829	18.437	19.123
60	5.88399	125.721	121.897	112.482	95.419	71.294	19.221	19.711
65	6.37432	126.800	122.975	114.346	98.067	75.119	20.300	20.496
70	6.86466	127.879	124.152	116.013	100.22	78.551	21.967	21.378
75	7.35499	128.761	125.329	117.778	102.48	81.591	49.622	22.555
80	7.84532	129.742	126.506	119.249	104.54	84.337	55.015	24.222
85	8.33565	130.821	127.585	120.426	106.50	86.985	59.624	27.459
90	8.82599	131.801	128.663	121.897	108.46	89.241	63.841	32.558
95	9.31632	132.684	129.742	123.073	110.13	91.496	67.372	39.423
100	9.80665	133.567	130.723	124.250	111.89	93.555	70.706	46.091
105	10.2970	134.547	131.703	125.329	113.46	95.517	73.746	51.681
110	10.7873	135.430	132.684	126.506	114.93	97.380	76.688	56.094
115	11.2776	136.214	133.665	127.585	116.40	99.145	79.238	59.821
120	11.7168	136.999	134.547	128.565	117.78	100.81	81.886	63.155

注：横线上面是气体，横线下面是液体。1atm＝101325Pa。

表 2.3.30 饱和二氧化碳的黏度

类别	温度/℃						
	−40	−20	−10	0	10	20	30
动力黏度/μPa·s	165.7	150.0	125.5	104.9	98.1	75.5	53.9
运动黏度/($μm^2$/s)		0.146	0.128	0.118	0.114	0.098	0.090

2.3.14　二氧化硫的黏度

表 2.3.31　气态二氧化硫的黏度

（1）温度单位为热力学温度

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
η/μPa·s	8.396	10.82	13.11	15.30	17.42	19.47	21.48	23.43	25.35

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
η/μPa·s	27.23	29.08	30.90	32.69	34.46	36.20	37.93	39.64

（2）温度单位为摄氏度

类　　别	温　　度/℃													
	−80	−60	−40	−20	−10	−5	0	5	10	12	15	18	20	22
动力黏度/μPa·s	8.30	9.20	10.02	10.78	11.15	11.38	11.62	11.86	12.09	12.18	12.32	12.46	12.55	12.64
运动黏度/($\times10^{-6}m^2/s$)					36.6	38.1	39.7	41.3	42.9	43.6	44.6	45.6	46.2	46.9

类　　别	温　　度/℃													
	25	30	35	40	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500
动力黏度/μPa·s	12.77	13.00	13.22	13.45	13.89	14.33	15.22	16.06	18.22	20.46	22.93	25.56	27.95	31.45
运动黏度/($\times10^{-6}m^2/s$)	47.9	49.6	51.2	53.1	56.7	60.2	67.9	75.7	97.6	122.1	151.2	184.5		

注：临界黏度为 41.1μPa·s。

表 2.3.32　液态二氧化硫的黏度

温度/℃	−70	−60	−50	−45	−40	−35	−30	−25	−20	−15	−10	−5
η/μPa·s	1.030	0.878	0.760	0.724	0.680	0.643	0.610	0.570	0.504	0.434	0.410	0.389
温度/℃	0	5	10	15	20	40	60	80	100	120	140	150
η/μPa·s	0.368	0.350	0.334	0.318	0.304	0.262	0.200	0.165	0.134	0.106	0.082	0.076

表 2.3.33　二氧化硫在不同温度和压力下的黏度

压　　力		在下列温度(℃)时的黏度/μPa·s						
/(kgf/cm^2)	/MPa	−20	−10	0	10	20	30	40
0.5	0.04903	10.394	10.885	11.278	11.886	12.356	12.945	13.631
1.0	0.09807	490.333	11.180	11.670	12.160	12.563	13.043	13.729
1.5	0.14710	496.218	443.261	12.160	12.553	12.847	13.141	13.827
2.0	0.19613	502.100	449.636	392.266	13.043	13.337	13.337	14.024
2.5	0.24517	506.317	454.342	397.856	332.936	13.827	13.533	14.220
3.0	0.29420	509.946	458.981	402.563	338.133	14.514	13.925	14.416
3.5	0.34323	512.888	462.874	406.186	342.742	273.998	14.416	14.710
4.0	0.39127	515.339	466.306	410.212	346.665	278.509	15.200	15.102
4.5	0.44130	517.987	469.346	413.154	350.294	282.922	16.279	15.593
5.0	0.49053	519.949	472.100	418.096	353.039	286.746		16.181
5.5	0.53937	521.714	474.740	418.744	355.785	289.787		16.867
6.0	0.58840	523.185	477.094	420.901	357.943	293.023		17.652
6.5	0.63743	524.460	479.055	122.961	360.100	295.376		
7.0	0.68647	525.833	481.016	424.824	361.865	297.828		
7.5	0.75550	527.009	482.978	426.5S9	363.434	300.083		
8.0	0.78453	528.088	481.841	428.060	365.298	302.045		

注：横线上面的是气体，横线下面的是液体。

2.3.15 六氟化硫

表 2.3.34 六氟化硫的黏度

温度/℃	−40	−35	−30	−25	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15
η/mPa·s	0.493	0.468	0.437	0.416	0.403	0.390	0.368	0.347	0.334	0.325	0.315	0.303

2.3.16 乙硼烷

表 2.3.35 乙硼烷液体的黏度

温度/K	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
η/μPa·s	0.249	0.221	0.202	0.187	0.175	0.164	0.153	0.141	0.129	0.118	0.107	0.100

2.3.17 一氧化氮

表 2.3.36 一氧化氮气体的黏度

（1）温度单位为热力学温度　　单位：mPa·s

温度/K	150	200	250	300	350	400	450	500	550
黏度 η	10.44	13.62	16.50	19.14	21.58	23.87	26.03	28.08	30.04
温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
黏度 η	31.91	33.71	35.45	37.13	38.76	40.35	41.90	43.41	44.90

（2）温度单位为摄氏度

类别	温度/℃								
	0	20	40	60	80	100	150	200	250
动力黏度/μPa·s	17.90	18.80	19.70	20.70	21.65	22.70	24.80	26.80	28.70
运动黏度/($\times10^{-6}$m²/s)	13.30	15.10	17.05	19.70	21.17	23.20	27.68	30.50	

注：临界黏度为25.8μPa·s。

2.3.18 二氧化氮

表 2.3.37 二氧化氮气体的黏度

类别	温度/℃								
	0	20	40	60	80	100	150	200	300
动力黏度/μPa·s	534.9	476.6^{10}	427.5^{20}						
运动黏度/($\times10^{-6}$m²/s)	6.82	7.93	9.07	10.24	11.45	12.70	16.03	19.70	28.20

2.3.19 硫化氢

表 2.3.38 硫化氢气体的黏度

（1）温度单位为热力学温度

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
η/μPa·s	8.264	10.25	12.22	14.18	16.15	18.03	19.79	21.45	23.03	24.54	25.99	27.39	28.74	30.06	31.34	32.58	33.80

（2）温度单位为摄氏温度

类别	温度/℃										
	0	20	40	60	80	100	150	200	300	400	600	800
动力黏度/μPa·s	11.60	12.40	13.23	14.09	14.98	15.90						
运动黏度/($\times10^{-6}$m²/s)	7.62	8.70	9.93	11.28	12.68	14.10	17.41	19.80	28.00	37.30	65.20	82.00

表 2.3.39　硫化氢液体的黏度

温度/℃	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80	100
η/mPa·s	0.506	0.345	0.251	0.192	0.153	0.145	0.119	0.095	0.074	0.056

2.3.20　氯　化　氢

表 2.3.40　氯化氢气体的黏度

（1）温度为热力学温度

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
η/μPa·s	9.594	12.09	14.60	17.10	19.54	21.90	24.18	26.38	28.50	30.55	32.53	34.45	36.31	38.13	39.89	41.62	43.30

（2）温度为摄氏度

温度/℃	0	20	40	50	60	80	100	150	200	250
η/μPa·s	13.3	14.5	15.7	15.8	16.7	17.5	18.3	20.8	23.0	25.3

注：临界黏度为 35.3μPa·s。

表 2.3.41　液态氯化氢与 22℃水的相对黏度

温度/℃	−115	−110	−105	−100	−95	−90
$\eta/\eta_水$	0.601	0.579	0.552	0.520	0.482	0.438

2.3.21　烟　　气

表 2.3.42　烟气的黏度

类　　别	温　　度/℃						
	0	100	200	300	400	500	600
动力黏度/μPa·s	15.78	20.39	24.49	28.23	31.68	34.84	37.85
运动黏度/($\times10^{-4}m^2/s$)	0.1220	0.2154	0.3280	0.4581	0.6038	0.7630	0.8361

类　　别	温　　度/℃					
	700	800	900	1000	1100	1200
动力黏度/μPa·s	40.68	43.37	45.90	48.35	50.69	52.98
运动黏度/($\times10^{-4}m^2/s$)	1.121	1.318	1.525	1.743	1.971	2.210

注：成分为 CO_2 13%，H_2O 11%，N_2 76%（体积分数）。

2.3.22　混　合　气　体

表 2.3.43　含空气混合气体的动力黏度　　单位：μPa·s

混合物种类	温度/℃	空气的容积浓度 c_V/%										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
空气-氨	15	9.738	10.85	11.87	12.88	13.83	14.72	15.53	16.26	16.90	17.40	17.85
空气-H_2S	17.2	12.42	13.12	13.84	14.49	15.13	15.75	16.33	16.85	17.30	17.30	18.00
空气-HCl	16.5	14.05	14.68	15.34	15.73	16.14	16.54	16.92	17.26	17.53	17.75	17.93

注：环境压强为 101.3kPa。

表 2.3.44 含氮液体混合物的动力黏度

（1）二元混合物 单位：μPa·s

氮的体积分数/%	温度/K	η	氮的体积分数/%	温度/K	η	氮的体积分数/%	温度/K	η	氮的体积分数/%	温度/K	η
氮-氧			氮-一氧化碳			氮-甲烷			氮-甲烷		
沸点为101.3kPa压强时的混合物	77.9	161.3	25.2	76.4	182.8	19.6	84.1	213.8	41.2	84.7	177.8
	79.6	165.6		83.0	150.8		85.0	205.8		86.1	170.8
	82.3	180.4		90.1	131.9		87.8	185.8	60.8	68.2	274.8
	89.6	185.6		100.8	108.8		89.8	171.8		71.7	236.8
40.0	68.7	353.7		111.6	79.9	24.0	96.6	154.8		78.0	187.8
	70.2	318.7	45.2	77.2	170.8		103.6	132.9		84.4	151.8
	72.8	231.8		90.1	126.9		132.4	74.9	81.2	64.8	285.8
	76.8	225.7		111.6	85.9		145.8	65.9		68.2	239.8
80.4	67.2	251.7	68.7	81.0	152.9	41.2	78.5	216.8		71.7	210.8
	72.6	203.8		90.1	122.9		81.4	194.8		76.7	173.9
	77.7	172.8		111.6	83.8					80.3	153.9

（2）三元混合物

体积分数/%			温度/K	η/μPa·s
氮	氧	氩		
89	9.5	1.5	77.9	159.4
36	61	3	82.3	186.3
1	96	3	89.6	189.4

表 2.3.45 含氢气体混合物的动力黏度 单位：μPa·s

混合物名称	温度/℃	氢气的容积浓度 c_V/%					
		0	20	40	60	80	100
氢-氩	20	22.09	21.72	20.86	19.21	15.66	8.74
	100	26.81	26.31	25.25	23.26	18.48	10.28
氢-氦	20	19.72	17.22	14.87	12.66	10.64	8.74
	100	23.18	20.34	17.57	14.92	12.47	10.28
氢-氖	20	30.89	28.64	25.87	21.05	16.06	8.74
	100	36.19	33.26	29.84	24.79	19.10	10.28
氢-氮	19	17.38	17.01	16.48	15.42	13.28	8.73
	100	20.82	20.47	19.67	18.23	15.47	10.28
氢-氧	26.8	20.55	20.09	19.33	17.86	14.48	8.88
	276.8	32.18	31.37	29.77	27.80	22.09	13.80
氢-CO	19	17.44	17.17	16.49	15.32	13.02	8.73
	26.8	14.87	14.86	14.78	14.49	13.75	8.88
	100	20.83	20.41	19.67	18.07	15.02	10.28
	276.8	25.53	25.39	25.02	23.86	21.57	13.80
氢-CO_2	26.8	14.92	15.01	15.00	14.76	13.53	8.88

混合物名称	温度/℃	氢气的容积浓度 c_V/%					
		0	20	40	60	80	100
氢-HCl	21	14.33	14.59	14.83	14.63	13.44	8.94
	250	25.34	25.27	24.90	24.31	21.07	13.21
氢-SO_2	17	12.57	12.92	13.33	13.64	13.25	9.23
	199	20.69	21.00	21.18	21.16	20.16	12.36
氢-NH_3	20	9.81	10.36	10.81	10.96	10.68	8.74
	100	12.78	13.23	13.45	13.40	12.86	10.28
氢-CH_4	20	10.86	10.98	10.98	10.84	10.31	8.74
	100	13.30	13.40	13.46	13.04	12.26	10.28
氢-C_2H_6	20	9.08	9.50	9.74	9.83	9.97	8.74
	100	11.40	11.81	12.00	12.28	12.11	10.28
氢-C_3H_8	26.8	8.25	8.48	8.89	9.46	10.03	8.88
	276.8	14.35	14.50	14.96	15.55	15.87	13.80
氢-C_4H_8	20	8.84	9.42	8.96	8.30	7.86	8.88
	100	10.40	11.56	10.96	10.38	9.90	13.80
氢-CO_2	276.8	25.54	25.39	25.11	24.55	21.37	13.80

注：环境压强为101.3kPa。

表 2.3.46 含氨气混合气体的动力黏度 单位：μPa·s

混合物名称	温度/℃	氨的容积浓度 c_V/%										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
氨-甲烷	14.5	10.76	10.86	10.90	10.89	10.84	10.75	10.62	10.45	10.24	9.98	9.65
氨-氧	20	20.21	19.51	18.69	17.78	16.82	15.81	14.74	13.61	12.42	11.16	9.81
	100	24.38	23.63	22.75	21.75	20.67	19.51	18.27	16.96	15.60	14.20	12.78

续表

混合物名称	温度/℃	氨的容积浓度 c_V/%										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
氨-氮	20	17.44	16.94	16.39	15.78	15.10	14.34	13.53	12.67	11.78	10.83	9.81
	100	20.83	20.38	19.79	19.10	18.37	17.59	16.75	15.83	14.82	13.79	12.78

注：环境压强为 101.3kPa。

2.3.23　其 他 气 体

表 2.3.47　其他气体的动力黏度

（1）温度单位为摄氏度　　单位：μPa·s

名称	温　度/℃											
	−20	0	20	40	60	80	100	150	200	300	400	临界值
ASH		14.58	11.4[15]				19.81					
Br_2		14.96	15.22	15.83	16.76	17.81	18.87	21.27	23.72	28.65		
C_2N_2		9.40	10.70	11.69	12.37	12.74	12.80					
HBr			18.24				23.42					
HI			16.55	19.24	20.90	22.07	23.16	26.27	29.24	34.04		
N_2H_4		0.125[5]	0.09[25]									
NOCl	12.50		11.60	12.42	13.28	14.10	15.04	17.10	19.20			
N_2O		13.70	14.60	15.40	16.43	17.62	18.30	19.89	22.50	26.50	29.82	33.2
PH_3		10.61	11.36	12.12	12.85	13.62	14.38					

（2）温度单位为热力学温度

名称	温　度/K																	
	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
COS	5.803	8.193	10.42	12.53	14.55	16.51	18.41	20.26	22.07	23.85	25.59	27.30	28.99	30.65	32.29	33.91		
HBr		12.49	15.61	18.82	22.07	25.32	28.53	31.68	34.75	37.74	40.64	43.46	46.20	48.86	51.45	53.97	56.43	58.83
N_2O		9.921	12.45	14.90	17.24	19.45	21.55	23.56	25.47	27.31	29.08	30.79	32.45	34.06	35.62	37.14	38.62	40.07
HF		8.219	10.33	12.47	14.59	16.65	18.66	20.59	22.45	24.25	25.98	27.65	29.28	30.85	32.38	33.87	35.33	36.75
HI			15.88	19.07	22.24	25.34	28.37	31.30	34.15	36.91	39.58	42.17	44.69	47.13	49.51	51.82	54.08	56.28

2.4　液化气体的表面张力

表 2.4.1　液氧、氮、氟、氩和一氧化碳（与自身蒸气相接）的表面张力

（1）温度单位为热力学温度　　单位：mN/m

名　称	温　度/K													
	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
氧	19.4	18.3	17.0	15.9	14.8	13.5	12.2	11.00	9.80	8.63	7.33	5.95	4.72	4.25
氮	11.77	10.58	9.41	8.28	7.16	6.10	5.06	4.06	3.11	2.22	1.39	0.65		
一氧化碳	13.3	12.1	11.0	9.82	8.72	7.64	6.58	5.55	4.55	3.58	2.66	1.79	0.98	
氟	19.47	17.93	16.66	14.52										
氩①					13.12	11.86	10.63	9.42	8.24	7.10	6.01	4.95	3.94	2.99

① 温度为 135K、140K、145K 时，其值分别为 2.10mN/m、1.28mN/m、0.57mN/m。

（2）温度单位为摄氏度　　单位：mN/m

类　别	温　度/℃									
	−210	−200	−190	−180	−170	−160	−150	−140	−130	−120
液氧	20.09	17.48	14.94	12.47	10.07	7.770	5.578	3.523	1.657	1.368
液氮		9.829	7.650	5.571	3.615	1.827	0.319			

表 2.4.2　液氦（氦蒸气中）的表面张力　　单位：mN/m

温度/K	1.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.2	4.5	5.0	5.2	K_E
σ	0.353	0.264	0.215	0.164	0.115	0.093	0.064	0.012	0.00	1.0

表 2.4.3　液氖（氖蒸气中）的表面张力　　单位：mN/m

温度/K	24	25	26	27	28	K_E
σ	5.90	5.50	5.15	4.80	4.45	2.0

表 2.4.4　液氪的表面张力　　单位：mN/m

温度/K	115	116	117	118	119	120	121	122	123
σ	16.72	16.35	16.13	15.92	15.68	15.49	15.40	15.03	15.03

表 2.4.5　液氢的表面张力　　单位：mN/m

温度/K	13.95	14	17	20	20.38	22	25	28	31
σ	3.004	2.995	2.498	2.008	1.946	1.686	1.208	0.743	0.296

表 2.4.6　液氯和液氨的表面张力　　单位：mN/m

类　别	温　　度/℃										
	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30
液氨	42.51	40.0	37.52	35.07	32.64	30.24	27.88	25.55	23.25	20.99	18.77
液氯	32.8	31.2	29.2	27.3	25.4	24.6	23.8	21.7	20.0	18.3	17.7

类　别	温　　度/℃									
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
液氨	16.59	14.46	12.39	10.36	8.41	6.52	4.72	3.04	1.50	0.21
液氯	20.8	13.3	11.4	9.58	7.82	6.22	4.90			

表 2.4.7　二氧化碳和二氧化硫液体的表面张力　　单位：mN/m

类　别	温　　度/℃												
	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15
二氧化碳			14.81	12.65	10.54	9.02	9.35	7.99	5.99	4.40	3.38	2.71	2.03
二氧化硫	40.22	38.27	36.32	34.37	32.42	30.68	29.73	28.59	27.68	26.66	25.58	24.64	23.64

类　别	温　　度/℃											
	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	120	140
二氧化碳	1.16	0.54	0.39									
二氧化硫	22.73	21.67	20.73	19.72	18.77	17.80	16.85	15.00	11.39	7.968	4.779	1.925

表 2.4.8　乙硼烷液体的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	−130	−125	−120	−115	−110	−105	−100	−95	−92
σ	20.03	19.12	18.27	17.40	16.48	15.40	14.17	13.34	13.41

表 2.4.9　其他液化气体的表面张力　　单位：mN/m

名　称	温　　度/℃														
	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
COS	29.91	26.35	22.79	19.24	15.68	12.12	9.168	6.551	4.099	1.879	0.097				
HBr		29.66	25.53	21.50	17.60	13.83	10.23	6.836	3.706	0.996	0.002^{90}				
HCl	26.44	22.31	18.30	14.43	10.73	7.238	4.010	1.193	0.100^{50}						
HF		16.70	15.13	13.56	11.98	10.41	8.837	7.592	6.377	5.199	4.065	2.981	1.961	1.024	0.224
HI				27.65	24.15	20.74	17.43	14.24	11.16	8.237	5.492	2.982	0.831		
H_2S		32.58	28.21	23.97	19.85	15.89	12.10	8.514	5.189	2.228	0.001				

续表

名　称	温　　度/℃														
	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
N_2S	21.21	16.85	12.68	8.750	5.124	1.935		0.613^{30}							
N_2O_4						32.30	27.45	22.74	18.20	13.83	9.684	5.821	2.362	0.881^{150}	
N_2O		21.21	16.85	12.68	8.750	5.124	1.935	0.61^{30}							

注：液化 NO 气体的表面张力：温度是−100℃、−110℃、−120℃、−130℃、−140℃、−150℃、−160℃时，其表面张力分别是1.627mN/m、4.791mN/m、8.381mN/m、12.25mN/m、16.35mN/m、20.02mN/m和25.04mN/m。

表 2.4.10　液化混合气体的表面张力

（1）含氮气体　　单位：mN/m

混合物	含氮量 c_m/%	温度/K	σ	混合物	含氮量 c_m/%	温度/K	σ
氮-氧	20	65	16.7	氮-氧	22	79	12.8
		70	15.5			84	11.7
		75	14.3		70	80	9.9
	50	65	14.7			85	8.9
		70	13.7	氮-甲烷	23.5	84	13.8
		75	12.7			89	12.4
	80	65	12.9		71	76	11.4
		70	11.9			80	10.4
		75	10.8			85	9.2

（2）含氩气体　　单位：mN/m

混合物	含氩量 c_m/%	温度/K	σ	混合物	含氩量 c_m/%	温度/K	σ
氩-氧	19	65	18.8	氩-氧	81	82	13.9
		70	17.8			88	12.5
		78	16.1	氩-甲烷	27	85	16.1
		86	14.1			90	14.8
	53	76	15.6		71	85	14.0
		80	15.0			90	12.8
		86	13.3				

2.5　无机气体的溶解度

表 2.5.1　常压下气体在水中的溶解度（Ⅰ）

分子式	溶解度计量	温　　度/℃											
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
Ar	α①	5.60		4.05	3.71	3.36	3.14	2.88	2.52	2.23			
BF_3	α	1.057											
Br_2	α	6050	4330	3510	2700	2130	1700	1380	940	650	490	300	
	β①	42.9	30.6	24.8		14.9		9.5	6.3	4.1	2.9	1.2	
Cl_2	β	1.44		0.997	0.849	0.729	0.641	0.572	0.459	0.392	0.329	0.223	0.000
	γ①	461.0		314.8	268.0	229.9	201.91	179.9	143.8	122.5	102.3	68.3	0.0
ClO_2	β	2.76		6.01		8.65							
CO	α	3.54	3.15	2.82	2.54	2.32	2.14	2.00	1.77	1.61	1.49	1.43	1.41
CO	β	0.0044	0.0039	0.00348	0.00310	0.00284	0.00260	0.00240	0.00208	0.00180	0.00152	0.00098	0.0000
CO_2	α	171.3	142.4	119.4	101.9	87.8	75.9	66.5	53.0	43.6	35.9		
	β	0.335	0.277	0.232	0.197	0.169	0.145	0.126	0.097	0.076	0.058		

续表

分子式	溶解度计量	温度/℃											
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
CSO	β	133		93		64		40.3					
H_2	α	2.15	2.04	1.95	1.88	1.82	1.75	1.70	1.64	1.61	1.60	1.60	1.60
H_2	β	0.000192		0.000174		0.000160		0.000147	0.000138	0.000129	0.000118	0.000079	0.00000
HBr	β	68.85		67.76		65.25	65.88	65.25	64.00	63.16	62.00	59.30	56.52
HCl②	α	525.202	489.267	477.562	458.661	446.460	435.03^{23}						
	β	45.15		43.55		42.30		40.25	38.68	37.34	35.94		
	γ	50700	49100	47400	45900	44200	42600	41200	38600	36200	33900		
He	α	0.97		0.99		0.99		1.00	1.02	1.07		1.21^{75}	
H_2S	α	467.0	397.7	339.9	294.5	258.2	228.2	203.7	166.0	139.2	119.0	91.7	81.0
	β	0.707	0.600	0.511	0.441	0.385	0.338	0.298	0.286	0.188	0.148	0.077	0.00
Kr	α	11.05		8.10		6.26		5.11	4.33	3.83	3.57		
N_2	α	2.33	2.05	1.83	1.66	1.51	1.41	1.28	1.10	0.96	0.82	0.51	0.00
N_2+	α	2.35	2.09	1.86	1.68	1.54	1.43	1.34	1.18	1.09	1.02	0.96	0.95
1.18%Ar	β	0.00294		0.00231		0.00190		0.00162	0.00139	0.00122	0.00105	0.00066	0.0000
Ne	α				1.08	1.04		0.99	0.95				
NH_3	α	117600	102000	90000	79500	70200	62000	56500					
	β	89.5	77.5	68.5	60.0	53.1	47.0	40.9	31.6	23.5	16.8	6.5	0.0
NO	α	7.38	6.46	5.71	5.15	4.71	4.32	4.00	3.51	3.15	2.95	2.70	2.63
	β	0.00983		0.00756		0.00617		0.00516	0.00439	0.00376	0.00324	0.00198	0.0000
N_2O	α	104.8	87.8	73.8	62.9	54.4							
	β			0.171		0.124							
O_2	α	4.89	4.29	3.80	3.41	3.10	2.83	2.61	2.31	2.09	1.95	1.76	1.72
	β	0.00694		0.00537		0.00434		0.00359	0.00300	0.00266	0.00227	0.00138	0.00000
O_3	α	1.74		1.46		0.92		0.47	0.20	0.05	0.00		
	β	0.0039		0.0029		0.0021		0.0007	0.0004	0.0001	0.0000		
Rn	α	51.0		32.6		22.2		16.2	12.6	10.0	8.5		
SF_6	β			8.4	7.8	6.0	5.4	5.1					
SO_2	β	22.83	19.31	16.21	13.54	11.28	9.41	7.80	5.41	4.5	3.2	2.1	1.8
	γ	7979	6748	5665	4628	3937	3279	2716	1877				
SO_3	β			13.34		9.42		7.23	5.48	4.30	3.15	2.08	
Xe	α	24.2		17.4		12.3		9.8	8.2	7.3		7.1	
空气	γ	2.92	2.57	2.28	2.06	1.87	1.71	1.56					

① 溶解度计量符号：α代表在气体分压为101.3kPa时，水中所能溶解的气体体积分数（已折合成标准状态）；β代表在气体总压（气体及水汽）为101.3kPa时，水中所能溶解的气体质量分数；γ代表在气体总压（气体及水汽）为101.3kPa时，水中所能溶解的气体体积分数。

② 在0℃，氯化氢在水中的溶解度和压强的关系见下表。

压强/kPa	10	20	30	40	50	60	70	80	90
溶解度(质量分数)/%	38.75	40.69	41.73	42.46	43.09	43.60	44.02	44.44	44.81
压强/kPa	100	110	120	130	140	150	160	170	180
溶解度(质量分数)/%	45.11	45.40	45.69	46.01	46.32	46.62	46.91	47.15	47.40

表 2.5.2　常压下气体在水中的溶解度（Ⅱ）　　单位：m^3/m^3（标准状态）

温度/℃	大气氮①	氧　气	氢　气	二氧化碳	一氧化碳	硫化氢
0	0.02359	0.04889	0.02148	1.713	0.03537	4.670
1	0.02304	0.04758	0.02126	1.646	0.03455	4.522
2	0.02251	0.04633	0.02105	1.584	0.03375	4.379
3	0.02199	0.04512	0.02084	1.527	0.03297	4.241
4	0.02151	0.04397	0.02064	1.473	0.03222	4.107
5	0.02103	0.04287	0.02044	1.424	0.03149	3.977
6	0.02057	0.04180	0.02025	1.377	0.03078	3.852
7	0.02014	0.04080	0.02007	1.331	0.03009	3.732
8	0.01972	0.03983	0.01989	1.282	0.02942	3.616
9	0.01932	0.03891	0.01972	1.237	0.02878	3.505
10	0.01895	0.03802	0.01955	1.194	0.02816	3.399
11	0.01859	0.03718	0.01940	1.154	0.02757	3.300
12	0.01825	0.03637	0.01925	1.117	0.02701	3.206
13	0.01792	0.03559	0.01911	1.083	0.02646	3.115
14	0.01761	0.03486	0.01897	1.050	0.02593	3.028
15	0.01731	0.03415	0.01883	1.019	0.02543	2.945
16	0.01703	0.03348	0.01869	0.985	0.02494	2.865
17	0.01675	0.03283	0.01856	0.956	0.02448	2.789
18	0.01649	0.03220	0.01844	0.928	0.02402	2.717
19	0.01623	0.03161	0.01831	0.902	0.02360	2.647
20	0.01595	0.03102	0.01819	0.878	0.02319	2.582
21	0.01575	0.03044	0.01805	0.854	0.02281	2.517
22	0.01512	0.02988	0.01702	0.820	0.02244	2.456
23	0.01531	0.02934	0.01779	0.804	0.02208	2.394
24	0.01510	0.02881	0.01766	0.781	0.02174	2.338
25	0.01489	0.02831	0.01754	0.759	0.02142	2.282
26	0.01470	0.02783	0.01742	0.738	0.02110	2.229
27	0.01451	0.02736	0.01731	0.718	0.02080	2.177
28	0.01433	0.02691	0.01720	0.699	0.02051	2.128
29	0.01415	0.02649	0.01709	0.682	0.02024	2.081
30	0.01398	0.02608	0.01699	0.665	0.01998	2.037

① 含 98.815%氮和 1.185%氩（体积分数）。

表 2.5.3　不同压强下 CO_2 在水中的溶解度　　单位：L（标准）/kg 水

压　强	温　度/℃			压　强	温　度/℃		
/MPa	10	20	30	/MPa	10	20	30
0.05	0.60	0.43	0.33	0.50	5.64	4.11	3.06
0.10	1.18	0.87	0.64	0.60	6.75	4.83	3.70
0.20	2.30	1.72	1.23	0.70	7.63	5.57	4.16
0.30	3.40	2.55	1.89	0.80	8.85	6.74	4.80
0.40	4.70	3.40	2.50	1.0	10.70	7.85	5.83

压强	温　度/℃										
/MPa	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2.5	30.46	20.80	18.82	14.54	11.62	9.71	8.51	7.44	6.36	5.62	5.36
5.0	36.89	36.68	30.52	24.65	20.35	17.25	14.48	12.78	12.04	11.11	10.18
10	49.13	38.39	33.26	30.43	27.81	25.63	23.95	21.94	19.64	18.09	17.67
20	47.33	41.03	36.32	33.04	30.74	29.14	28.17	27.25	26.29	25.74	25.69
30	45.11	41.84	38.69	35.72	33.22	31.34	30.15	29.60	29.51	29.62	29.53
40			40.09	37.08	34.87	33.29	31.65	31.24	32.03	32.43	32.39
50			41.22	38.82	36.73	33.75	32.22	32.16	32.27	32.98	34.40

表 2.5.4 二氧化碳在甲醇中的溶解度

温度/℃	参数	二氧化碳分压/kPa							
		100	200	300	400	500	600	700	800
−26	$N_{CO_2}\times10^2$	2.424	4.922	7.204	9.813	12.43	15.18	17.95	20.69
	S	17.35	35.73	54.26	75.63	104.3	125.3	152.3	181.9
−36	$N_{CO_2}\times10^2$	3.445	6.929	9.861	13.8	17.54	22.02	26.95	32.04
	S	23.35	49.17	76.15	111.2	147.3	196.6	256.1	328.7
−45	$N_{CO_2}\times10^2$	4.741	9.329	14.2	19.7	25.95	33.57	43.52	100^{831}
	S	35.46	71.58	115.1	170.7	244.4	351.1	545.0	
−60	$N_{CO_2}\times10^2$	8.755	18.36	30.52	56.1				
	S	65.53	157.5	308.9	909.9				

温度/℃	参数	二氧化碳分压/kPa									
		900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1550	1600	1620
−26	$N_{CO_2}\times10^2$	23.89	27.37	30.36	34.8	39.42	45.39	58.11	70.35	89.43	100
	S	218.2	262.3	302.8	371.8	453.6	575.9	988.6	1420		
−36	$N_{CO_2}\times10^2$	38.23	45.37	65.94	100^{1165}						
	S	425.8	582.3								

注：1. N_{CO_2}表示溶液中二氧化碳的摩尔分数，S表示的单位为（标准状态）m^3 CO_2/克 CH_3OH。

2. 右上角数字表示相应的二氧化碳分压。

表 2.5.5 二氧化碳在乙醇胺中的溶解度

（1）二氧化碳在一乙醇胺溶液中的溶解度

一乙醇胺溶液浓度 /(mol/L)	一乙醇胺溶液浓度 (质量分数)/%	二氧化碳在溶液中的浓度 $\left(\frac{二氧化碳物质的量}{胺物质的量}\right)$	75℃	100℃	120℃	140℃
			二氧化碳的分压/kPa			
1	6.1	0.20	0.800	3.333	9.733	26.00
		0.25	1.333	5.600	16.67	43.33
		0.30	2.133	10.00	28.66	73.33
		0.35	3.600	16.80	50.66	136.7
		0.40	6.399	28.66	88.93	226.6
		0.45	11.73	48.93	143.3	340.0
		0.50	21.06	86.66	226.7	
		0.55	32.93	160.0		
		0.60	51.06	244.0		
		0.65	80.00			
		0.70	116.8			
2.5	15.2	0.20	0.800	4.000	11.87	31.33
		0.25	1.467	6.933	21.33	54.66
		0.30	2.800	12.67	39.33	106.7
		0.35	5.733	24.80	70.00	186.6
		0.40	10.67	42.66	121.6	313.3
		0.45	19.06	76.66	213.3	
		0.50	37.33	138.7	380.0	
5	30.5	0.20	0.933	4.266	13.33	36.00
		0.25	1.733	8.000	25.60	63.33
		0.30	3.466	15.33	47.33	130.0
		0.35	6.533	29.33	82.00	236.6
		0.40	12.40	51.33	142.9	386.6
		0.45	24.26	96.66	280.0	
		0.50	72.00	210.0		

（2）常压下二氧化碳在乙醇胺溶液中的溶解度　　　　单位：（二氧化碳分压）Pa

温　度/℃			0					25				
二氧化碳含量①			750	250	100	50	10	730	250	100	50	10
溶液中胺浓度/(mol/L)	一乙醇胺	0.5	151.2	132.9	128.6	111.2	89.6	132.8	118.1	106.0	97.2	87.9
		2.0	118.2	101.6	98.7	90.2	79.7	105.9	92.8	83.2	79.0	75.4
		5.0	101.1	91.0	83.0	74.3	64.4	87.0	80.0	75.1	72.2	69.3
	二乙醇胺	0.5	148.8	138.5	122.1	110.5	98.5	131.3	121.6	106.7	96.5	86.1
		2.0	124.4	112.6	104.1	92.9	80.0	1486.3	95.6	84.5	75.0	64.8
		5.0	99.5	88.5	87.7	79.8	69.7	88.2	78.4	70.8	67.8	65.2
	三乙醇胺	0.5	99.5	88.5	87.7	79.8	69.7	121.1	95.0	68.5	52.1	35.6
		2.0	126.1	109.3	88.1	66.7	42.9	91.3	36.4	42.2	29.5	11.9
		5.0						60.8	32.5	15.5	10.3	6.5

温　度/℃			50					75			
二氧化碳含量①			660	250	100	50	10	480	250	100	50
溶液中胺浓度/(mol/L)	一乙醇胺	0.5	117.3	102.8	87.2	80.8	75.2	91.0	92.2	72.6	62.5
		2.0	92.0	82.2	76.1	70.9	65.2	74.6	71.9	62.0	57.2
		5.0	73.7	69.8	69.3	65.3	60.3	66.7	65.8	58.8	55.4
	二乙醇胺	0.5	114.3	103.2	89.1	68.7	44.7	80.2	74.2	55.5	46.7
		2.0	64.3	75.1	67.8	63.0	58.2	62.3	59.2	42.8	34.9
		5.0	65.6	65.1	61.3	49.0	33.7	55.6	52.9	38.5	31.5
	三乙醇胺	0.5	83.3	54.9	36.7	24.5	12.0	43.7	33.4	20.7	15.5
		2.0	50.6	29.7	18.7	12.0	5.3	21.0	14.6	9.0	6.9
		5.0	18.6	9.5	5.2	3.6	2.3	8.7	6.1	2.9	1.6

① 单位为：mol 二氧化碳/mol 乙醇胺。

（3）加压时二氧化碳在一乙醇胺和三乙醇胺中的溶解度　　　　单位：mol CO_2/mol 胺

温　度/℃		25			50				75		
浓度/(mol/L)		0.5	2.5	7.0	0.5	2.5	7.0	13.5	0.5	2.5	7.0
一乙醇胺中的二氧化碳分压/kPa	300	1.167	0.894	0.741	1.035	0.797	0.618		0.885	0.699	0.600
	500	1.299	0.991	0.792	1.123	0.868	0.686		0.992	0.745	0.632
	1000	1.592	1.076	0.871	1.301	0.981	0.793		1.159	0.831	0.683
	1500	1.841	1.090	0.914	1.502	0.990	0.808		1.277	0.897	0.716
	2000	2.056	1.117	0.943	1.693	0.984	0.807		1.399	0.953	0.746
	3000	2.440	1.190	0.969	2.022	1.011	0.827		1.656	1.022	0.791
	4000	2.842	1.267	1.014	2.279	1.109	0.897		1.875	1.044	0.811
三乙醇胺中的二氧化碳分压/kPa	300	1.207	0.918	0.831	0.918	0.665	0.531	0.333	0.612	0.408	0.291
	500	1.278	0.983	0.924	1.101	0.772	0.608	0.437	0.757	0.513	0.351
	1000	1.589	1.081	1.099	1.391	0.959	0.752	0.607	0.990	0.681	0.471
	1500	1.949	1.151	1.211	1.438	1.019	0.831	0.648	1.149	0.787	0.600
	2000	2.232	1.219	1.280	1.462	1.049	0.887	0.660	1.294	0.873	0.739
	3000	2.433	1.310	1.381	1.643	1.114	0.988	0.701	1.544	0.999	0.895
	4000	2.700	1.414	1.496	2.031	1.220	1.094	0.796	1.686	1.048	0.916

表 2.5.6　二氧化硫气体在硫酸和发烟硫酸中的溶解度

单位：%（质量分数）

酸浓度（质量分数）/%			温度/℃						
			10	20	30	40	50	80	100
硫酸		10	12.30	8.72	6.40	4.57	3.72	1.67	1.28
		20	11.28	7.79	5.66	4.11	3.32	1.47	1.15
		30	10.25	6.85	5.04	3.66	2.92	1.28	1.02
		40	9.25	5.81	4.17	3.20	2.44	1.09	0.89
		50	8.25	4.90	3.76	2.73	2.13	0.96	0.76
		55	7.25	4.31	3.26	2.47	1.90	0.89	0.69
		60	7.25	3.94	3.05	2.27	1.77	0.81	0.62
		65	6.72	3.68	2.74	2.01	1.53	0.74	0.55
		70	6.11	3.24	2.46	1.72	1.38	0.67	0.49
		75	5.49	2.86	2.23	1.64	1.25	0.61	0.425
		80	4.84	2.63	1.98	1.43	1.16	0.58	0.365
		85	4.50	2.34	1.80	1.36	1.13	0.57	0.335
		90	4.72	2.52	1.96	1.49	1.16	0.62	0.37
		95	5.80	3.02	2.23	1.66	1.38	0.745	0.42
		100	6.99	3.82	2.72	2.02	1.72	0.09	0.54
发烟硫酸	游离三氧化硫/%	5	7.91	4.29	3.10	2.31	2.05		
		10	8.86	4.80	3.49	2.60	2.35		
		15	9.85	5.35	3.89	2.92	2.45		
		20	10.87	5.94	4.31	3.26	2.71		
		25	11.93	6.57	4.75	3.62	3.00	1.18	0.64
		30	13.02	7.24	5.17	3.98	3.29	1.75	1.02
		40	15.31	8.70	6.07	4.78	3.92	1.85	1.11
		50	17.74	10.32	7.02	5.64	4.61	2.07	1.24

注：气态二氧化硫压强为101.3kPa。

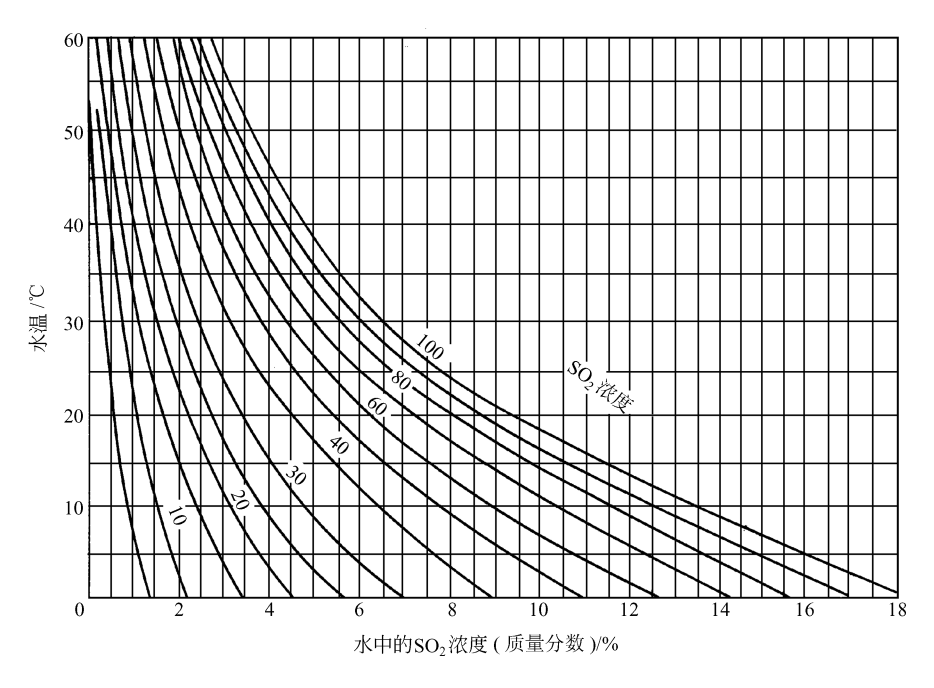


图 2.8　气态二氧化硫在水中的溶解度

表 2.5.7　二氧化氯在水中的溶解度　　　单位：g/L

温　度/℃	压　强/kPa									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
10		3.03	7.11	9.91	12.41	14.78	16.75	20.15	25.16	27.30
15	1.90	3.86	4.90	6.93	9.94	12.81	17.12	16.83	18.41	20.33
20	1.10	3.27	5.03	6.58	8.41	9.99	11.55	13.52	14.96	16.68
25	1.37	3.73	3.57	6.62	7.84	8.18	9.58	10.82	12.41	13.79
35		1.92	2.92	3.84	4.66	5.71	6.75	7.14	8.17	9.71
45		1.41	2.10	2.77	3.45	4.19	5.01	5.63	6.50	7.26

表 2.5.8　二氧化氯在甲醇中的溶解度　　　单位：g/L

甲醇浓度/%									
10		24.8		49.6		76.5		76.5	
分压/kPa	*S*	分压/kPa	*S*	分压/kPa	*S*	分压/kPa	*S*	分压/kPa	*S*
16.6	14.88	10.7	11.05	7.7	12.88	6	17.4	14	42.0
17.2	15.57	18.3	19.55	17.4	30.2	8	23.6	16	48.1
		18.8	19.81			10	29.7	18	54.3
						12	35.9	20	60.2

表 2.5.9　二氧化氯在四氯化碳中的溶解度

分压/kPa	4	6	8	10	12	14	16
S /(g/L)	5.34	7.98	10.78	13.66	16.54	19.32	21.91

表 2.5.10　氨在水中的溶解度　　　单位：(质量分数)%

温 度/℃	压　强/kPa						温 度/℃	压　强/kPa					
	100	200	400	600	800	1000		100	200	400	600	800	1000
−33.4	100						80	6.0	13.8	24.2		36.2	40.3
−18.8		100					90	2.8	9.8	19.6	31.2	31.2	35.3
−1.8			100				100	0	6.1	15.3	26.4	26.5	30.5
0	47.1	61.0	93.8				110		2.8	11.3	21.8	22.2	26.1
9.3				100			120		0.05	7.5	17.4	18.1	21.8
10	40.4	52.3	71.1				120.2		0		13.3		
18.1					100		130			4.1		13.9	17.8
20	34.4	45.4	59.9	74.0	93.4		140			0.9	9.4	10.0	14.2
25.0						100	143.6			0	5.8		
30	28.9	39.1	51.9	61.6	72.8	86.1	150					6.2	10.0
40	23.9	33.5	45.3	53.7	61.6	69.7	158.8				2.4		
50	18.9	28.3	39.5	47.2	53.8	59.7	160				0	3.0	6.4
60	14.3	23.2	34.0	41.6	47.3	51.9	170					0.1	3.2
70	9.9	18.3	29.0	36.4	41.7	45.8	170.5					0	
80	6.0	13.8	24.2	31.2	36.2	40.3	180.0						0

表 2.5.11　氩在液氨中的溶解度　　　单位：m^3/m^3 NH_3

温　度/℃	氩的分压强/kPa								
	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
−15	0.48	0.90	1.39	1.90	2.36	2.80	3.28	3.70	4.12
5	0.77	1.49	2.24	3.01	3.80	4.52	5.30	6.08	6.65
30	0.85	1.66	2.42	3.22	4.01	4.86	5.65	6.50	7.32

表 2.5.12 氟化硼在正戊烷中的溶解度 单位：mL/g 溶剂

温度/℃	压强/MPa					
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
49	1.6	3.4	5.0	6.7	8.9	11.7
66	0.8	2.3	3.7	5.3	7.0	9.0
93	—	0.6	2.1	3.8	5.8	—

表 2.5.13 氟化硼在无水氟化氢中的溶解度 单位：mol/kg HF

温度/℃	0						19					
压强/kPa	48	75	100	125	150	200	100	200	300	400	500	600
溶解度	0	0.19	0.35	0.50	0.64	0.90	0	0.14	0.30	0.46	0.62	0.80

表 2.5.14 硫化氢在甲醇中的溶解度

(1)

温度/℃	在下列压强(kPa)下液相中硫化氢的含量/%								
	200	250	300	350	400	450	500	550	600
0	0.091	0.125	0.151	0.174	0.197	0.211	0.237	0.276	0.322
−15	0.168	0.133	0.223	0.302	0.332	0.410	0.478	0.592	0.694
−30	0.193	0.290	0.317	0.481	0.571	0.903	1.000^{456}		

温度/℃	在下列压强(kPa)下液相中硫化氢的含量/%								
	650	700	750	800	850	900	950	1000	1033
0	0.373	0.415	0.447	0.476	0.525	0.583	0.644	0.772	1.000
−15	1.000^{648}								

(2) 单位：cm^3/g

温度/℃	压强/kPa											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0	1.8	3.6	5.4	7.2	9.1	11.0	12.9	14.8	16.7	18.7	20.7	22.6
−25.6	4.3	8.5	12.5	16.5	20.5	24.5	28.7	33.0	37.6	42.4	47.6	53.1
−50.0	12.3	25.3	36.4	48.0	61.0	74.8	88.0	99.6	111.9	125.1	140.0	154.8
−78.5	59.2	114	177	249								

表 2.5.15 硫化氢在 0.5mol/L 碳酸钠溶液中的溶解度

温度/℃	与下列硫化氢浓度(mol/dm^3)相对应的硫化氢分压/Pa								
	0.135	0.140	0.145	0.150	0.155	0.160	0.165	0.170	0.180
20								227	253
45		207	218	229	244	263	285	309	365
60	240	249	261	277	297	320	346	375	442

温度/℃	与下列硫化氢浓度(mol/dm^3)相对应的硫化氢分压/Pa								
	0.190	0.200	0.220	0.240	0.260	0.280	0.300	0.320	0.340
20	295	348	484	651	830	1034	1278	1561	1853
45	430	501	666	849	1079	1377	1735		
60	520	609	811	1042	1294	1560			

表 2.5.16　硫化氢在一乙醇胺溶液中的溶解度　　单位：%

温度/℃	硫化氢/一乙醇胺（摩尔比）	硫化氢分压强/kPa							
		2	5	10	20	40	60	80	100
25	0.6	0.828	0.905	0.969	1.007	1.053	1.091	1.126	1.156
	1.0	0.795	0.873	0.938	0.978	1.022	1.048	1.072	1.087
	1.5	0.761	0.844	0.914	0.958	1.002	1.027	1.041	1.055
	2.0	0.733	0.822	0.898	0.944	0.990	1.012	1.025	1.037
	3.0	0.681	0.781	0.867	0.922	0.970	0.991	1.004	1.015
	4.0	0.634	0.742	0.839	0.906	0.955	0.976	0.991	0.998
	5.0	0.580	0.709	0.820	0.889	0.945	0.968	0.984	0.989
45	0.6	0.679	0.785	0.879	0.944	1.011	1.058	1.097	1.137
	1.0	0.633	0.740	0.835	0.899	0.967	1.003	1.033	1.057
	1.5	0.569	0.695	0.798	0.863	0.939	0.971	0.996	1.019
	2.0	0.543	0.661	0.763	0.839	0.921	0.952	0.975	0.994
	3.0	0.470	0.598	0.712	0.800	0.891	0.927	0.948	0.961
	4.0	0.427	0.551	0.670	0.773	0.869	0.906	0.928	0.944
	5.0	0.396	0.514	0.636	0.751	0.850	0.886	0.914	0.922
60	0.6	0.472	0.633	0.770	0.862	0.960	1.011	1.056	1.096
	1.0	0.411	0.572	0.713	0.814	0.916	0.968	1.011	1.057
	1.5	0.356	0.514	0.659	0.772	0.876	0.929	0.970	1.017
	2.0	0.312	0.468	0.620	0.743	0.847	0.901	0.944	0.978
	3.0	0.257	0.410	0.565	0.699	0.810	0.864	0.910	0.943
	4.0	0.224	0.364	0.517	0.663	0.778	0.840	0.884	0.924
	5.0	0.209	0.344	0.493	0.637	0.753	0.820	0.865	0.905

表 2.5.17　四氟化硅在各种溶剂中的溶解度

（1）有机溶剂（t=27～33℃）

溶　剂	甲醇	乙醇	96.1%乙醇	94.3%乙醇	92.6%乙醇	91.9%乙醇	异丙醇
溶解度/%	32.8	36.4	37.8	38.1	38.8	39.0	28.2
溶　剂	戊醇	乙二醇	二甘醇	甘油	丙酮	醋酸	丙酮酸(38%～45%)
溶解度/%	17.3	26.2	17.6	5.7	3.1	1.1	4.4

（2）氢氟酸溶液（15℃）

饱和溶液(质量分数)/%		饱和溶液(质量分数)/%		饱和溶液(质量分数)/%		饱和溶液(质量分数)/%	
HF	SiF_4	HF	SiF_4	HF	SiF_4	HF	SiF_4
71.95	7.95	78.15	4.55	88.05	1.09	93.40	0.29
73.18	7.52	80.00	3.35	91.30	0.42	95.50	0.15
73.25	7.10	84.50	1.75	92.05	0.68	96.00	0.05

2.6 气体的蒸气压及空气的湿度和露点

表 2.6.1 无机气体的蒸气压

（1）$p \leqslant 101.3$kPa

分子式	名称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													/℃
Ar	氩	-218.2	-217.6	-215.9	-213.8	-212.3	-209.6	-206.7	-204.1	-202.4	-198.6	-193.2	-188.7	-185.6	-189.2
Br_2	溴	-50.7	-45.2	-38.4	-32.3	-28.4	-20.7	-12.2	-3.5	3.2	17.1	33.6	48.1	58.2	-7.3
C_2N_2	氰	-97.3	-93.1	-87.8	-82.8	-79.7	-73.4	-66.4	-60.0	-55.7	-47.4	-37.5	-28.1	-21.0	-34.4
Cl_2	氯	-119.2	-115.7	-110.9	-106.4	-103.9	-97.2	-88.7	-81.3	-76.3	-66.0	-53.2	-41.8	-33.8	-100.7
ClO_2	二氧化氯						-54.9	-46.9	-39.5	-34.3	-23.6	-10.2	2.2	11.1	-59
Cl_2O	一氧化二氯	-100.7	-94.7	-87.6	-81.1	-76.8	-68.4	-59.0	-50.6	-44.7	-32.9	-18.8	-6.5	2.2	-116
Cl_2O_7	七氧化二氯	-48.3	-40.4	-31.2	-23.2	-17.8	-7.2	4.6	15.1	22.5	37.2	54.4	69.0	78.8	-91
ClF	氟化氯	-155	-151	-147	-143.2	-141.0	-136.7	-131.7	-127.0	-123.8	-118.1	-110.6	-104.4	-100.5	-145
CNCl	氯化氰	-78.6	-73.3	-66.9	-61.0	-57.2	-49.8	-41.7	-34.4	-29.5	-19.6	-7.7	4.0	13.1	-6.5
CNF	氟化氰	-135.5	-132.2	-127.8	-123.5	-120.9	-115.7	-109.7	-104.1	-100.5	-93.4	-84.6	-77.3	-72.6	
CO	一氧化碳	-222.1	-221.3	-219.3	-217.1	-216.1	-214.2	-211.8	-209.2	-207.6	-204.1	-198.9	-194.4	-191.3	-205.0
CO_2	二氧化碳	-135.3	-132.3	-128.1	-124.2	-121.7	-117.0	-111.6	-106.5	-103.3	-97.0	-89.2	-82.7	-78.2	-57.5
CSO	氧硫化碳	-133.9	-129.7	-124.4	-119.4	-116.2	-109.5	-102.1	-95.2	-90.4	-80.5	-68.3	-57.5	-49.9	-138.8
D_2	氘	-261	-260	-260	-259	-258	-257	-256	-256	-255	-254	-252	-250.7	-249.5	
F_2	氟	-223.3	-222.0	-219.4	-216.8	-215.5	-212.8	-209.7	-206.8	-204.8	-201.1	-195.8	-191.2	-187.9	-223
F_2H_2	氟化氢				-74.2	-69.7	-60.6	-50.2	-40.7	-34.2	-20.4	-4.5	9.6	19.7	-83.7
H_2	氢	-262.8	-263.4	-262.9	-262.0	-261.7	-261.3	-260.5	-259.6	-259.0	-258.0	-255.7	-253.9	-252.5	-259.1
H_2S	硫化氢	-137	-132	-127	-122	-119	-112	-106	-99	-95	-87				
H_2Se	硒化氢	-135	-128	-120	-115	-112	-104	-95	-88	-82	-72				
HCl	氯化氢	-151.8	-148.8	-144.5	-140.4	-137.9	-132.8	-127.0	-121.5	-117.7	-109.9	-99.9	-91.0	-84.8	-114.3
He	氦	-270.9	-272.1	-272.2	-271.6	-271.6	-271.7	-271.5	-271.1	-271.0	-271.0	-270.0	-269.2	-268.6	
HI	碘化氢	-122	-115	-110	-105	-102	-95	-88	-81	-76	-67				
Kr	氪	-199.9	-197.8	-194.4	-191.1	-189.1	-185.2	-180.9	-177.1	-174.5	-169.3	-162.4	-156.2	-152.0	-156.7
N_2	氮	-226.2	-225.4	-223.4	-221.2	-220.2	-218.3	-215.8	-213.4	-211.7	-208.3	-203.4	-198.9	-195.8	-210.0
ND_3	重氢氨									-71.6	-62.3	-50.7	-40.5	-33.4	-74.0
Ne	氖	-256.8	-257.3	-256.7	-255.5	-255.2	-254.6	-253.7	-252.6	-252.0	-251.2	-249.3	-247.4	-246.0	-248.7
NF_3	三氟化氮					-174	-168	-162	-157	-155	-150				
NH_3	氨	-110.4	-106.7	-101.8	-97.2	-94.4	-88.8	-82.5	-76.4	-72.2	-62.7	-50.7	-40.6	-33.6	-77.7
NO	一氧化氮	-184.4	-184.0	-182.4	-180.5	-179.4	-177.0	-173.8	-170.3	-168.1	-164.8	-159.6	-154.8	-151.7	-161
NO_2	二氧化氮	-57.1	-52.8	-47.4	-42.4	-39.4	-33.5	-27.2	-21.7	-18.1	-10.0	2.1	13.3	21.0	-9.3
N_2O	一氧化二氮	-144.4	-141.4	-137.2	-133.2	-130.8	-126.4	-121.3	-116.5	-113.4	-107.4	-99.8	-91.9	-85.5	-90.9

续表

分子式	名　称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
N_2O_5	五氧化二氮	−38.5	−33.8	−28.0	−22.7	−19.5	−13.3	−6.4	−0.2	3.7	11.2	20.2	27.6	32.4	30
O_2	氧	−219.8	−218.5	−215.9	−213.3	−212.0	−209.3	−206.1	−203.1	−201.0	−197.0	−191.5	−186.6	−183.1	−218.7
O_3	臭氧	−181.7	−177.9	−172.9	−168.3	−165.6	−160.2	−154.0	−148.5	−144.7	−137.1	−127.2	−117.9	−111.1	−251
OF_2	二氟化氧	−197	−194	−190	−188	−186	−182	−176	−172	−169	−164				
Rn	氡	−145.5	−141.7	−136.7	−132.1	−129.0	−122.6	−115.2	−108.4	−103.6	−93.4	−80.8	−69.6	−61.8	−71
SiF_4	四氟化硅	−144.8	−142.4	−138.5	−134.4	−132.0	−128.3	−121.1	−118.3	−115.4	−109.5	−101.1	−95.6	−94.8	−90.3
$SO_2$①	二氧化硫	−96.9	−92.8	−87.6	−82.7	−79.6	−73.1	−64.9	−57.0	−51.7	−41.2	−28.6	−17.7	−10.0	−73.2
Xe	氙	−169.5	−166.4	−162.1	−157.9	−155.2	−150.0	−144.2	−139.4	−136.1	−129.5	−121.0	−113.4	−108.0	−111.6

① 压强为0.01kPa、0.02kPa、0.04kPa、0.07kPa时，其对应的温度分别为−113℃、−109℃、−105℃、−101℃。

（2）$p \geqslant 101.3kPa$

分子式	名　称	101.3	200	400	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃												
Ar	氩	−185.6	−179.0	−169.9	−161.2	−155.1	−147.2	−141.6	−136.3	−132.0	−128.4	−125.2		
Cl	氯	−33.8	−16.9	3.3	22.1	35.1	52.3	64.5	75.3	84.2	93.0	100.8	114.4	126.3
CN	氰	−21.0	−4.4	14.8	32.2	44.2	60.5	72.1	82.5	91.0	98.9	105.8	117.5	
CO	一氧化碳		−183.5	−174.0	−166.2	−161.2	−154.6	−149.9	−145.7	−142.1				
CO_2	二氧化碳	−78.2	−69.1	−59.9	−48.7	−39.8	−27.8	−19.3	−11.8	−5.7	0.2	5.4	14.4	21.9
$COCl_2$	氧氯化碳	8.3	27.3	49.5	70.2	84.5	104.3	118.4	131.3	141.9	151.1	159.0		
H_2	氢	−252.5	−250.2	−247.1	−244.0	−241.9								
HBr	溴化氢	−66.5	−51.5	−34.9	−19.4	−8.8	5.9	16.3	25.7	33.4	40.9	47.5	59.3	69.8
HCl	氯化氢	−84.8	−71.4	−55.9	−41.7	−32.1	−18.7	−9.2	−1.2	5.4	11.7	17.3	27.3	35.6
HCN	氰化氢	25.9	45.8	68.1	88.4	102.2	121.0	134.4	144.7	153.2	161.7	169.2	182.7	
He^4	氦-4	−286.6	−268.0											
HI	碘化氢	−35.1	−18.9	0.6	18.8	31.5	49.1	61.6	73.2	82.8	91.9	99.9	114.2	126.6
H_2S	硫化氢	−60.4	−45.9	−28.4	−12.1	−0.8	14.3	25.0	34.0	41.4	48.7	55.2	66.1	75.6
Kr	氪	−152.0	−143.5	−133.5	−124.4	−118.2	−108.8	−102.0	95.0	−89.2	−83.7	−78.9	−67.2	
N_2	氮	−195.8	−189.2	−181.7	−174.8	−170.0	−162.9	−157.8	−152.8	−148.6				
Ne	氖	−246.0	−243.8	−240.9	−238.1	−236.1	−233.1	−230.9						
NH_3	氨	−33.6	−18.7	−1.3	14.5	25.3	39.5	49.6	58.4	65.6	72.4	78.3	88.7	97.7
NO	一氧化氮	−151.7	−145.1	−138.1	−131.8	−127.5	−121.4	−117.0	−113.1	−109.8	−106.5	−103.5	−98.9	−95.1
N_2O	一氧二氮	−88.5	−76.8	−62.8	−49.9	−41.0	−28.3	−19.2	−11.3	−4.9	1.7	7.4	17.6	26.7
O_2	氧	−183.1	−176.0	−167.5	−159.2	−153.4	−145.7	−140.2	−135.2	−131.0	−127.5	−124.4		
SiF_4	四氟化硅	−94.8	84.6	72.0	62.4	53.1	42.2	31.1						
SO_2	二氧化硫	−10.0	6.3	25.5	43.0	55.1	71.5	83.3	93.5	102.0	110.2	117.3	129.5	140.9

表 2.6.2 氧的蒸气压

（1）温度单位为摄氏度

温度/℃	−200	−190	−180	−170	−160	−150	−140	−130	−120
p/kPa	10.80	45.40	137.0	328.5	669.8	1214	2022	3170	4768

（2）温度单位为热力学温度

温度/K	70	80	90	90.18	100	110	120	130	140	150	154.77①
p/kPa	6.179	30.09	99.38	101.3	254.2	543.3	1021	1747	2786	4218	5079

① 临界点。

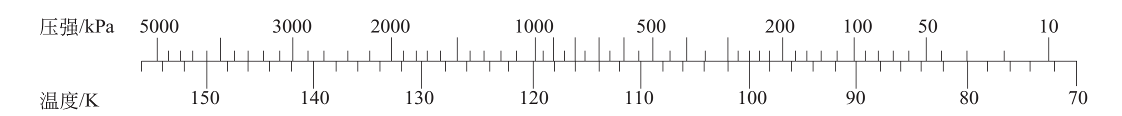


图 2.9 氧的蒸气压

表 2.6.3 氮的蒸气压

温度/K	63.15	65	70	77.36	80	90	100	103.95	110	120	125	126.2
p/kPa	12.46	17.42	38.49	101.3	136.6	359.7	777.6	1013	1467	2512	3204	3394

注：63.15K 为三相点，126.2K 为临界点。

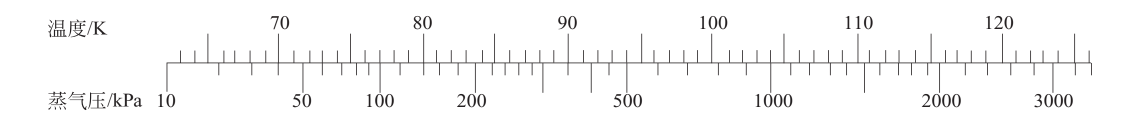


图 2.10 氮的蒸气压

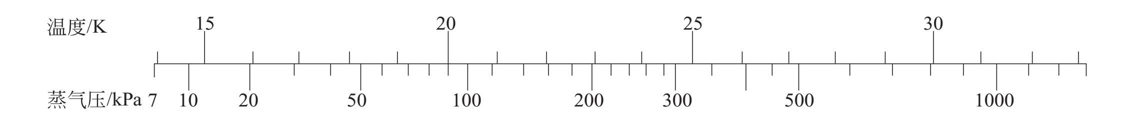


图 2.11 标准氢的蒸气压

表 2.6.4 氢的蒸气压

（1）温度单位为热力学温度

温度/K	13.95	14	15	16	17	18	19	20	20.38	21	22	23
p/kPa	7.192	7.395	12.66	20.46	31.40	46.19	65.64	90.26	101.3	121.2	158.9	204.4

温度/K	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	33.18
p/kPa	258.4	321.9	395.7	480.8	577.9	688.2	812.7	952.3	1108	1281	1315

（2）温度单位为摄氏度

温度/℃	−200	−190	−180	−170	−160	−150
p/kPa	59.91	190.3	464.0	950.9	1732	2924

表 2.6.5　氯的蒸气压

温度/℃	p/kPa	温度/℃	p/kPa	温度/℃	p/kPa	温度/℃	p/kPa
−70	15.132	−15	219.37	40	1129.7	95	3495.0
−65	20.633	−10	262.82	45	1271.9	100	3813.8
−60	27.684	−5	312.44	50	1426.8	105	4155.0
−55	36.559	0	368.92	55	1594.5	110	4517.9
−50	47.621	5	432.66	60	1776.0	115	4905.2
−45	61.212	10	504.25	65	1972.1	120	5318.1
−40	77.717	15	584.27	70	2183.9	125	5756.4
−35	97.565	20	673.12	75	2410.5	130	6224.2
−30	121.21	25	771.58	80	2654.6	135	6722.4
−25	149.06	30	879.94	85	2915.5	140	7250.0
−20	181.62	35	999.29	90	3195.0	144①	7701.1

① 临界温度。

表 2.6.6　二氧化碳和一氧化二氮的蒸气压

温度/℃	−160	−150	−140	−130	−120	−110	−100
p/kPa	36.32	124.0	349.7	746.7	1490	2711	4617

表 2.6.7　一氧化碳的蒸气压

温度/℃	−140.2	−145	−150	−155	−160	−165	−170	−175	−180	−185	−190	−195	−200	−205
p/kPa	3498	2805	2214	1701	1289	949.3	684.8	475.5	318.1	200.6	120.1	66.85	33.91	15.38

表 2.6.8　二氧化碳和一氧化二氮的蒸气压

（1）常压下　　单位：kPa

温度/℃	CO_2	N_2O	温度/℃	CO_2	N_2O	温度/℃	CO_2	N_2O	温度/℃	CO_2	N_2O
−95.6	14.385		−48	740.87		−20	1970.6	1797.1	8	4282.4	
−95	23.907		−46	801.53		−18	2094.8		10	4501.4	3993.2
−90	38.393	92.425	−44	865.79		−16	2224.6		12	4728.5	
−85	60.375		−42	933.92		−14	2360.2		14	4964.4	
−80	92.588	164.00	−40	1005.9	940.27	−12	2501.7		16	5209.3	
−75	138.78		−38	1081.9		−10	2649.4	2390.7	18	5464.3	
−70	204.63	272.70	−36	1162.0		−8	2803.2		20	5727.4	5046.8
−65	295.80		−34	1246.6		−6	2963.6		22	6001.4	
−60	423.43	430.32	−32	1335.5		−4	3130.7		24	6286.1	
−58	487.15		−30	1428.9	1318.9	−2	3304.5		26	6582.1	
−56	531.67		−28	1527.2		0	3485.3	3116.0	28	6890.1	
−54	579.19		−26	1630.4		2	3673.3		30	7210.9	6308.0
−52	629.80		−24	1738.5		4	3868.6		31	7376.3	
−50	683.65	648.62	−22	1852.0		6	4071.5			(临界点)	

注：横线上方为固态，下方为液态。

（2）压力下

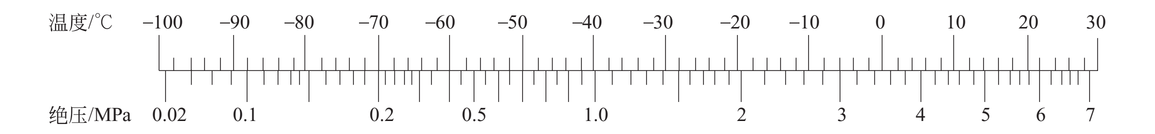


图 2.12　二氧化碳在压力下的蒸气压

表 2.6.9　二氧化硫的蒸气压　　单位：kPa

温度/℃	−70	−60	−50	−40	−38	−36	−34	−32	−30	−28	−26
p	2.67	5.80	11.62	21.62	24.33	27.33	30.62	34.25	38.21	42.5	47.2
温度/℃	−24	−22	−20	−18	−16	−14	−12	−10	−8	−6	−4
p	52.38	58.04	64.12	70.16	77.62	85.28	93.48	102.3	111.8	122	132.7
温度/℃	−2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
p	144.2	156.6	169.6	183.6	198.4	214.1	230.7	248.3	266.9	286.8	307.5
温度/℃	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
p	329.4	352.7	377	402.7	429.8	458.2	487.9	518.8	552.5	586.5	609.1
温度/℃	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
p	812.9	1065	1371	1739	2178	2693	3293	3990	4792	5715	6769

表 2.6.10　二氧化硫水溶液上的蒸气分压　　单位：kPa

温度/℃	10		20		30		40		50		60		70		80	
分压 / 二氧化硫质量与水质量的百分比/%	p	p'	p	p'	p	p'	p	p'	p	p'	p	p'	p	p'	p	p'
0.5	1.233	2.800	2.333	3.866	4.230	5.60	7.359	7.999	12.31	11.07	19.89	14.80	31.20	19.20	20.53	24.26
1.0	1.229	5.600	2.327	7.866	4.223	11.33	7.346	16.00	12.29	21.86	19.86	28.93	31.06	37.46	47.20	47.46
1.5	1.225	8.533	2.322	12.00	4.216	17.20	7.337	24.13	12.27	32.93	19.84	43.73	31.06	56.80	47.06	72.39
2.0	1.221	11.47	2.318	16.40	4.210	23.46	7.326	32.66	12.25	44.40	19.81	59.19	31.06	77.46	47.06	99.46
2.5	1.218	14.40	2.314	20.93	4.204	29.86	7.319	41.46	12.24	56.13	19.77	74.93	30.93	98.52	46.93	127.4
3.0	1.215	17.33	2.311	25.46	4.200	36.40	7.306	50.40	12.21	68.13	19.74	90.93	30.93	119.6		
3.5	1.213	20.40	2.308	30.26	4.197	43.20	7.293	59.59	12.20	80.39	19.72	107.2				
4.0	1.211	23.46	2.304	35.20	4.193	50.13	7.279	69.06	12.19	93.06						
4.5	1.209	26.53	2.301	40.00	4.189	57.06	7.266	78.39	12.16	105.7						
5.0	1.207	29.73	2.298	45.06	4.183	64.26	7.257	88.13								
5.5	1.205	32.93	2.295	50.00	4.177	71.46	7.248	97.73								
6.0	1.204	36.13	2.291	54.80	4.169	78.39	7.239	112.5								
6.5	1.202	39.33	2.288	59.73	4.162	85.59										
7.0	1.201	42.66	2.284	64.79	4.158	93.06										
7.5	1.199	46.00	2.280	69.86	4.153	100.3										
8.0	1.198	49.33	2.276	74.93	4.133	107.5										
8.5	1.196	52.66	2.273	79.99												
9.0	1.194	56.13	2.269	85.06												
9.5	1.193	59.59	2.266	90.13												
10.0	1.191	63.06	2.262	95.19												
10.5	1.189	66.53	2.258	100.1												
11.0	1.187	70.13	2.253	105.2												
11.5	1.185	73.73														
12.0	1.183	77.33														
12.5	1.181	81.06														
13.0	1.178	84.66														
13.5	1.176	88.26														
14.0	1.174	91.86														
14.5	1.172	95.46														
15.0	1.169	99.06														
15.5	1.166	102.8														
16.0	1.164	106.5														

温度/℃	90		100		110		120		130	
分　压 / 二氧化硫质量与水质量的百分比/%	p	p'	p	p'	p	p'	p	p'	p	p'
0.5	69.99	30	34.4	36.53	145.6	43.46	198.1	49.86	269.8	56
1.0	69.86	59.33	100.9	73.06	142.8	88.13	197.8	102.5	269.6	117.2
1.5	69.73	91.19	100.8	113.3	142.7	137.6				
2.0	69.73	125.3								

注：p 为水蒸气分压，p' 为二氧化硫蒸气分压。

表 2.6.11　硫化氢的蒸气压

温度/℃	压强/kPa	温度/℃	压强/kPa	温度/℃	压强/kPa	温度/℃	压强/kPa
−80	5.60	−50	162.1	0	1308	50	3576
−75	12.67	−40	289.8	10	1364	60	4315
−70	27.86	−30	378.9	20	1770	70	5278
−65	57.60	−20	546.0	30	2289	80	6281
−60	101.3	−10	762.8	40	2841	90	7547
−50	162.1	0	1308	50	3576	100	8965

表 2.6.12　液氨的蒸气压

温度/℃	蒸气压/kPa	温度/℃	蒸气压/kPa	温度/℃	蒸气压/kPa	温度/℃	蒸气压/kPa
−78	5.8971	−24	158.79	30	1166.5	84	4517.3
−76	6.9205	−22	173.93	32	1237.4	86	4712.7
−74	8.0756	−20	190.23	34	1311.4	88	4914.6
−72	9.4131	−18	207.71	36	1389.0	90	5122.8
−70	10.923	−16	226.45	38	1469.9	92	5337.5
−68	12.625	−14	246.50	40	1554.2	94	5558.7
−66	14.560	−12	267.93	42	1642.4	96	5786.8
−64	16.729	−10	290.83	44	1734.0	98	6021.6
−62	19.161	−8	315.24	46	1829.5	100	6263.5
−60	21.896	−6	341.23	48	1929.0	102	6512.6
−58	24.936	−4	368.87	50	2032.5	104	6768.9
−56	28.330	−2	398.24	52	2140.1	106	7032.6
−54	32.090	0	429.42	54	2251.8	108	7303.9
−52	36.254	2	462.45	56	2368.2	110	7582.9
−50	40.875	4	497.40	58	2488.7	112	7869.7
−48	45.961	6	534.49	60	2613.9	114	8164.6
−46	51.544	8	573.60	62	2743.8	116	8467.7
−44	57.684	10	614.89	64	2878.3	118	8779.2
−42	64.412	12	658.46	66	3017.9	120	9099.2
−40	71.768	14	704.41	68	3162.5	122	9427.8
−38	79.793	16	752.74	70	3312.0	124	9765.3
−36	88.538	18	803.61	72	3468.1	126	10112
−34	98.042	20	857.06	74	3628.8	128	10468
−32	108.37	22	913.19	76	3794.9	130	10833
−30	119.55	24	972.11	78	3966.8	132	11208
−28	131.64	26	1033.9	80	4144.4	132.3	11277
−26	144.70	28	1098.7	82	4327.8		（临界压强）

表 2.6.13　氨水溶液的蒸气压

氨水浓度（质量分数）/%	分压/kPa	温度/℃						
		0	10	20	30	40	50	60
4	NH_3	1.32	2.11	3.14	5.59	8.67	13	19.1
	H_2O	0.653	1.21	2.07	4.11	7.09	11.9	19.2
6	NH_3	1.85	3.35	5.96	9	13.9	20.5	30
	H_2O	0.711	1.23	2.32	3.93	6.84	11.6	18.8
8	NH_3	2.69	4.76	7.97	12.5	19.7	28.9	41.3
	H_2O	0.719	1.18	2.12	3.89	6.73	11.2	18.4
10	NH_3	3.8	6.36	10.6	16.3	25.9	37.9	54.4
	H_2O	0.691	1.1	2.05	3.73	6.64	10.9	17.9
12	NH_3	5.03	8.23	13.2	20.8	32.3	47.9	68.4
	H_2O	0.639	1.02	1.84	3.46	6.44	10.7	17.1

续表

氨水浓度（质量分数）/%	分压/kPa	温　度/℃						
		0	10	20	30	40	50	60
14	NH_3	6.33	10.4	16.4	27.5	39.9	59.3	6.33
	H_2O	0.572	0.967	1.68	3.78	6.15	10.3	0.572
16	NH_3	7.76	12.8	20.7	34.4	49.5	71.5	7.76
	H_2O	0.503	0.932	1.7	4.08	5.8	9.6	0.503
18	NH_3	9.4	15.6	25.4	38.9	60.9		
	H_2O	0.44	0.905	1.7	3.09	5.44		
20	NH_3	11.4	18.9	30.4	43.8	72.5		
	H_2O	0.393	0.852	1.62	1.86	5.13		
22	NH_3	14	23.1	36.2	58.5			
	H_2O	0.372	0.717	1.51	3.7			

表 2.6.14　氯化氢的饱和蒸气压

（1）固态

温度/℃	−200	−195	−190	−185	−180	−175	−170	−165	−160
p/kPa	10^{-4}	10^{-3}	0.01	0.08	0.32	1.38	5.27	13.11	49.39
温度/℃	−155	−150	−145	−140	−135	−130	−125	−120	−114.2
p/kPa	90.92	97.28	317.6	815.3	1530	2783	4850	5864	13826

（2）液态

温度/℃	−114.2	−110	−105	−100	−95	−90	−85	−80	−75
p/kPa	13.83	19.53	26.78	41.96	68.46	75.08	101.32	133.75	186.38
温度/℃	−70	−65	−60	−55	−50	−45	−40	−35	−30
p/kPa	205.64	269.07	349.48	431.54	516.84	638.94	764.81	884.35	1075.81
温度/℃	−25	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15
p/kPa	1281.71	1471.89	1690.24	1954.63	2251.75	2579.10	2953.18	3472.16	3865.84
温度/℃	20	25	30	35	40	45	50	51.4	
p/kPa	4212.05	4702.35	5332.36	5936.99	6535.88	7148.40	7950.02	8266.08	

注：114.2℃和51.4℃分别为其三相点和临界温度。

表 2.6.15　乙硼烷的饱和蒸气压　　单位：kPa

温度/K	130	140	150	160	170	175	180	185	190	195
p	1.693	4.986	12.42	27.19	53.99	73.37	97.72	127.9	165.1	210.5
温度/K	200	205	210	215	220	222	224	226	228	230
p	264.4	327.7	401.1	485.6	585.5	629.1	674.7	723.3	772.9	825.6
温度/K	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250
p	881.3	940.1	1001	1064	1131	1200	1272	1348	1427	1509
温度/K	252	254	256	258	260	262	264	266	268	270
p	1594	1684	1776	1872	1972	2077	2184	2296	2412	2532
温度/K	272	274	276	278	280	282	284	286	288	289.9
p	2658	2788	2923	3062	3207	3357	3513	3674	3842	4003

表 2.6.16　其他液化气体的蒸气压　　单位：kPa

名称	温　度/℃															
	−130	−110	−90	−70	−50	−30	−10	10	30	50	70	90	110	130	150	170
COS①	0.724	4.725	19.52	61.33	155.1	333.7	635.3	1101	1773	2698	2932	3550				
HBr			49.48	139.3	331.6	679.40	1243	2084	3268	4867	6980	8270				
HF①				2.144	7.132	19.83	47.86	103	201.9	395.2	702.7	1163	1818	2717	3923	5518
HI					84.03	181.4	374.9	680.5	1137	1775	2632	3742	5148	6910	7947	
N_2O			164.00	416.6	910.3	1740	3017	4886	6107							
N_2O_4							31.5	95.51	239.4	546.3	1127	2139	3799	6393	8156	

① 该行数值对应的温度比标明的温度高10℃，例如COS中1773kPa对应的温度为40℃。

表 2.6.17　饱和湿空气的蒸气压（空气-水系统、总压 100kPa）

温度/℃	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
p/kPa	0.611	0.705	0.813	0.935	1.072	1.227	1.402	1.597	1.817	2.062	2.337
温度/℃	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
p/kPa	2.337	2.642	2.982	3.390	3.778	4.241	4.753	5.318	5.940	6.524	7.375
温度/℃	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
p/kPa	7.375	8.198	9.010	10.08	11.16	12.34	13.61	15.00	16.51	18.15	19.92
温度/℃	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
p/kPa	19.92	21.84	23.91	26.14	28.55	31.16	33.96	36.96	40.19	43.65	47.36
温度/℃	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	
p/kPa	51.33	55.57	60.50	64.95	70.11	75.61	81.46	87.69	94.30	101.32	

表 2.6.18　与水相接触的饱和空气的压强　　单位：Pa

温度/℃	饱和水蒸气压强	温度/℃	饱和水蒸气压强	温度/℃	饱和水蒸气压强	温度/℃	饱和水蒸气压强
−50	6.356	−14	207.52	22	2643.0	58	13406
−49	7.186	−13	225.17	23	2808.7	59	14201
−48	7.975	−12	244.10	24	2983.3	60	15044
−47	8.918	−11	264.40	25	3167.7	61	15936
−46	9.964	−10	286.27	26	3360.9	62	16897
−45	10.945	−9	309.71	27	3564.8	63	17908
−44	12.386	−8	334.81	28	3779.6	64	18996
−43	13.789	−7	361.78	29	4005.2	65	20163
−42	15.338	−6	388.65	30	4243.5	66	21399
−41	17.045	−5	421.50	31	4492.6	67	22733
−40	18.918	−4	454.55	32	4755.4	68	24164
−39	20.967	−3	489.86	33	5031.0	69	25694
−38	23.233	−2	527.52	34	5320.3	70	27342
−37	25.704	−1	567.83	35	5624.3	71	29127
−36	28.421	0	610.78	36	5942.1	72	31059
−35	31.392	1	656.68	37	6276.5	73	33128
−34	34.638	2	705.52	38	6626.6	74	35384
−33	38.179	3	757.59	39	6993.4	75	37845
−32	42.052	4	813.00	40	7377.8	76	40513
−31	46.279	5	871.94	41	7780.9	77	43455
−30	50.879	6	934.71	42	8201.6	78	46672
−29	55.890	7	1001.4	43	8642.9	79	50222
−28	61.343	8	1072.2	44	9104.8	80	54135
−27	67.276	9	1147.4	45	9586.3	81	58489
−26	73.709	10	1227.2	46	10091	82	63343
−25	80.702	11	1312.0	47	10621	83	68806
−24	88.283	12	1401.8	48	11170	84	74975
−23	96.491	13	1496.9	49	11739	85	81977
−22	105.33	14	1597.8	50	12337	86	90028
−21	115.04	15	1704.5	51	12965	87	99345
−20	125.43	16	1817.3	52	13622	88	110231
−19	136.61	17	1936.8	53	14299	89	123176
−18	148.77	18	2063.4	54	15005	90	138867
−17	161.91	19	2196.8	55	15740		
−16	175.94	20	2337.0	56	11965		
−15	191.14	21	2486.1	57	12661		

表 2.6.19 空气的相对压强

温度/K	相对压强 p_r'	温度/K	相对压强 p_r'	温度/K	相对压强 p_r'	温度/K	相对压强 p_r'	温度/K	相对压强 p_r'
100	0.02990	340	2.149	580	14.382	820	52.49	1120	179.71
110	0.04171	350	2.379	590	15.309	830	55.00	1140	193.07
120	0.05652	360	2.626	600	16.278	840	57.60	1160	207.24
130	0.07474	370	2.892	610	17.297	850	60.29	1180	222.2
140	0.09681	380	3.176	620	18.360	860	63.09	1200	238.0
150	0.12318	390	3.481	630	19.475	870	65.98	1220	254.7
160	0.15431	400	3.806	640	20.64	880	68.98	1240	272.3
170	0.19068	410	4.153	650	21.86	890	72.08	1260	290.8
180	0.23279	420	4.522	660	23.13	900	75.29	1280	310.4
190	0.28114	430	4.915	670	24.46	910	78.61	1300	330.9
200	0.3363	440	5.332	680	25.85	920	82.05	1320	352.5
210	0.3987	450	5.775	690	27.29	930	85.60	1340	375.3
220	0.4690	460	6.245	700	28.80	940	89.28	1360	399.1
230	0.5477	470	6.742	710	30.38	950	93.08	1380	424.2
240	0.6355	480	7.268	720	31.92	960	97.00	1400	450.5
250	0.7329	490	7.824	730	33.72	970	101.06	1420	478.0
260	0.8405	500	8.411	740	35.50	980	105.24	1440	506.9
270	0.9590	510	9.031	750	37.35	990	109.57	1460	537.1
280	1.0889	520	9.684	760	39.27	1000	114.03	1480	568.8
290	1.2311	530	10.372	770	41.27	1020	123.12	1500	601.9
300	1.3860	540	11.097	780	43.35	1040	133.31		
310	1.5546	550	11.858	790	45.51	1060	143.91		
320	1.7375	560	12.659	800	47.75	1080	155.15		
330	1.9352	570	13.500	810	50.08	1100	167.07		

表 2.6.20 与水相接触的饱和空气的水蒸气含量 单位：g/kg 净空气

温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量
−50	0.039	−39	0.130	−28	0.379	−17	1.000	−6	2.417
−49	0.044	−38	0.143	−27	0.415	−16	1.086	−5	2.609
−48	0.049	−37	0.159	−26	0.455	−15	1.180	−4	2.815
−47	0.055	−36	0.176	−25	0.498	−14	1.282	−3	3.035
−46	0.062	−35	0.194	−24	0.545	−13	1.391	−2	3.239
−45	0.068	−34	0.214	−23	0.596	−12	1.508	−1	3.251
−44	0.076	−33	0.236	−22	0.650	−11	1.634	0	3.789
−43	0.085	−32	0.260	−21	0.710	−10	1.769	1	4.075
−42	0.095	−31	0.286	−20	0.774	−9	1.914	2	4.380
−41	0.105	−30	0.314	−19	0.844	−8	2.070	3	4.706
−40	0.117	−29	0.345	−18	0.919	−7	2.238	4	5.053

温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量	温度/℃	水蒸气含量
5	5.423	23	17.82	41	52.02	59	144.8	77	443.1
6	5.817	24	18.96	42	55.09	60	153.4	78	475.9
7	6.236	25	20.17	43	58.34	61	162.5	79	512.1
8	6.681	26	21.44	44	61.76	62	172.3	80	552.0
9	7.155	27	22.79	45	65.38	63	182.6	81	596.4
10	7.659	28	24.22	46	69.19	64	193.7	82	645.9
11	8.195	29	25.72	47	73.24	65	205.6	83	701.6
12	8.764	30	27.32	48	77.51	66	218.2	84	764.5
13	9.369	31	29.00	49	82.03	67	231.8	85	835.9
14	10.01	32	30.78	50	86.80	68	246.4	86	918.0
15	10.69	33	32.66	51	91.85	69	262.0	87	1013
16	11.41	34	34.65	52	97.21	70	278.8	88	1124
17	12.18	35	36.74	53	102.9	71	297.0	89	1256
18	12.99	36	38.95	54	108.9	72	316.7	90	1416
19	13.85	37	41.29	55	115.2	73	337.8		
20	14.75	38	43.76	56	122.0	74	360.8		
21	15.72	39	46.36	57	129.1	75	385.9		
22	16.74	40	49.11	58	136.7	76	413.1		

表 2.6.21　与冰相接触的饱满和空气的水蒸气压强和水蒸气含量

温度/℃	饱和水蒸气压强/Pa	水蒸气含量/(g/kg)	温度/℃	饱和水蒸气压强/Pa	水蒸气含量/(g/kg)	温度/℃	饱和水蒸气压强/Pa	水蒸气含量/(g/kg)
−50	3.935	0.0243	−33	27.685	0.1709	−16	150.54	0.9299
−49	4.449	0.0275	−32	30.794	0.1901	−15	165.15	1.020
−48	5.026	0.0310	−31	33.726	0.2112	−14	181.04	1.119
−47	5.671	0.0350	−30	37.983	0.2345	−13	198.40	1.226
−46	6.393	0.0395	−29	42.131	0.2601	−12	217.13	1.342
−45	7.198	0.0444	−28	46.691	0.2883	−11	237.53	1.468
−44	8.097	0.0500	−27	51.703	0.3192	−10	259.69	1.606
−43	9.099	0.0562	−26	57.204	0.3532	−9	283.72	1.755
−42	10.209	0.0630	−25	63.236	0.3904	−8	309.80	1.916
−41	11.455	0.0707	−24	69.855	0.4313	−7	337.95	2.091
−40	12.837	0.0792	−23	77.093	0.4760	−6	368.45	2.280
−39	14.367	0.0887	−22	85.027	0.5250	−5	401.50	2.486
−38	16.064	0.0992	−21	93.696	0.5785	−4	437.20	2.707
−37	17.947	0.1108	−20	103.17	0.6370	−3	475.74	2.947
−36	20.026	0.1236	−19	113.57	0.7012	−2	517.32	3.206
−35	22.331	0.1378	−18	124.84	0.7709	−1	562.33	3.486
−34	24.861	0.1535	−17	137.10	0.8467	0	610.78	3.789

表 2.6.22　空气在饱和线上的沸点和露点

参数	压　强/kPa											
	100	200	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	3773
沸点/K	78.71	85.39	90.77	96.26	100.79	106.31	113.11	118.52	123.03	126.97	130.60	132.42
露点/K	81.70	88.18	92.49	98.54	102.99	108.16	114.69	119.83	124.15	127.85	131.16	132.42

表 2.6.23　空气的露点、水蒸气分压和含水量

露点/℃	水蒸气分压/Pa	含　水　量		露点/℃	水蒸气分压/Pa	含　水　量		露点/℃	含水量
		/(g/m^3)	/$\times10^{-6}$			/(g/m^3)	/$\times10^{-6}$		/(g/m^3)
−60	1.08	0.0109	13.6	−10	260	2.135	2670	42	56.59
−58	1.41	0.0124	17.75	−8	310	2.510	3140	44	62.54
−56	1.84	0.0183	22.9	−6	369	2.982	3730	46	68.56
−54	2.37	0.0235	30.0	−4	437	3.508	4390	48	5.55
−52	3.07	0.0300	36.0	−2	517	4.130	5160	50	83.05
−50	3.93	0.0381	47.5	0	610	4.835	6043	52	91.20
−48	5.04	0.0484	60.5	2	706	5.540	6950	54	100.0
−46	6.41	0.0610	76.4	4	813	6.350	7950	56	109.0
−44	8.12	0.0766	96.0	6	935	7.230	9040	58	119.3
−42	10.2	0.0958	119.7	8	1073	8.240	10300	60	130.2
−40	12.9	0.1195	149.5	10	1228	9.370	11820	62	142.2
−38	16.1	0.1480	185.0	12	1402	10.730	13420	64	154.9
−36	20.1	0.1820	228.0	14	1598	12.05	15080	66	167.8
−34	25.0	0.226	282.0	16	1818	13.600	17000	68	182.6
−32	30.9	0.277	356.0	18	2064	15.320	19072	70	198.2
−30	38.1	0.339	425.0	20	2333	17.200	21500	72	214.8
−28	46.8	0.413	517.0	22	2640	19.400	24300	74	233.1
−26	57.3	0.497	622.0	24	2986	21.800	27250	76	215.0
−24	70.1	0.611	765.0	26	3360	24.400	30500	78	271.6
−22	85.3	0.734	917	28	3773	27.200	34000	80	293.4
−20	103	0.882	1102	30	4240	30.400	38000	82	316.6
−18	125	1.060	1311	32		33.84		84	341.3
−16	151	1.270	1590	34		37.70		86	366.1
−14	181	1.513	1892	36		41.63		88	394.1
−12	218	1.800	2250	38		46.21		90	423.5
−10	260	2.135	2670	40		51.21			

表 2.6.24　空气湿度表

（1）湿球未结冰部分和干球在零上部分

空气温度/℃	干湿球温度差/℃																									
	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	e	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*
−10	2.9	100	1.9	65	0.9	30																				
−9	3.1	100	2.1	67	1.1	34																				
−8	3.3	100	2.3	69	1.3	38	0.3	8																		
−7	3.6	100	2.6	71	1.5	42	0.5	13																		
−6	3.9	100	2.8	72	1.8	45	0.7	18																		
−5	4.2	100	3.1	74	2.0	48	1.0	23																		
−4	4.5	100	3.4	75	2.3	51	1.2	27																		
−3	4.9	100	3.8	77	2.6	53	1.5	31	0.4	9																
−2	5.3	100	4.1	78	3.0	56	1.8	35	0.7	14																
−1	5.7	100	4.5	79	3.3	58	2.2	38	1.0	18																
0	6.1	100	4.9	80	3.7	60	2.5	41	1.4	22	0.2	4														
1	6.6	100	5.3	81	4.1	62	2.9	44	1.7	26	0.6	9														
2	7.0	100	5.8	82	4.5	64	3.3	47	2.1	30	0.9	13														
3	7.6	100	6.3	83	5.0	66	3.7	49	2.5	33	1.3	17														
4	8.1	100	6.8	84	5.5	67	4.2	51	2.9	36	1.7	21	0.5	6												
5	8.7	100	7.3	84	6.0	68	4.7	54	3.4	39	2.1	25	0.9	10												
6	9.4	100	7.9	85	6.5	70	5.2	56	3.9	41	2.6	28	1.3	14												
7	10.0	100	8.6	85	7.1	71	5.8	57	4.4	44	3.1	31	1.8	18	0.6	5										
8	10.7	100	9.2	86	7.8	72	6.3	59	4.9	46	3.6	34	2.3	21	1.0	9										
9	11.5	100	9.9	87	8.4	73	7.0	61	5.5	48	4.2	36	2.8	24	1.5	13										
10	12.3	100	10.7	87	9.1	74	7.6	62	6.2	50	4.8	39	3.4	27	2.0	16	0.7	6								
11	13.1	100	11.5	88	9.9	75	8.3	64	6.8	52	5.4	41	4.0	30	2.6	20	1.2	9								
12	14.0	100	12.3	88	10.7	76	9.1	65	7.5	54	6.0	43	4.6	33	3.2	23	1.8	13	0.4	3						
13	15.0	100	13.2	88	11.5	77	9.9	66	8.3	55	6.8	45	5.2	35	3.8	25	2.4	16	1.0	7						
14	16.0	100	14.2	89	12.4	78	10.8	67	9.1	57	7.5	47	6.0	37	4.5	28	3.0	19	1.6	10						
15	17.1	100	15.2	89	13.4	78	11.6	68	10.0	58	8.3	49	6.7	39	5.2	30	3.7	21	2.2	13	0.8	5				
16	18.2	100	16.3	89	14.4	79	12.6	69	10.8	60	9.2	50	7.5	41	5.9	33	4.4	24	2.9	16	1.4	8				
17	19.4	100	17.4	90	15.5	80	13.6	70	11.8	61	10.1	52	8.4	43	6.7	35	5.1	26	3.6	18	2.1	11	0.6	3		
18	20.6	100	18.6	90	16.6	80	14.7	71	12.8	62	11.0	53	9.3	45	7.6	37	5.9	29	4.3	21	2.8	13	1.3	6		
19	22.0	100	19.9	90	17.8	81	15.8	72	13.9	63	12.0	55	10.2	46	8.5	39	6.8	31	5.1	23	3.5	16	2.0	9		
20	23.4	100	21.2	91	19.1	81	17.0	73	15.0	64	13.1	56	11.2	48	9.4	40	7.7	33	6.0	26	4.3	19	2.7	12	1.2	5
21	24.9	100	22.6	91	20.4	82	18.3	73	16.2	65	14.2	57	12.3	50	10.4	42	8.6	35	6.9	28	5.2	21	3.5	14	1.9	8
22	26.5	100	24.1	91	21.8	82	19.6	74	17.5	66	15.4	58	13.4	51	11.5	43	9.6	36	7.8	30	6.1	23	4.4	17	2.7	10
23	28.1	100	25.7	91	23.3	83	21.0	75	18.8	67	16.7	59	14.6	52	12.6	45	10.7	38	8.8	31	7.0	25	5.3	19	3.6	13
24	29.9	100	27.3	91	24.9	83	22.5	75	20.2	68	18.0	60	15.9	53	13.8	46	11.8	40	9.9	33	8.0	27	6.2	21	4.5	15
25	31.7	100	29.1	92	26.5	84	24.1	76	21.7	68	19.4	61	17.2	54	15.1	48	13.0	41	11.0	35	9.1	29	7.2	23	5.4	17
26	33.6	100	30.9	92	28.3	84	25.7	76	23.3	69	20.9	62	18.6	55	16.4	49	14.3	42	12.2	36	10.2	30	8.3	25	6.4	19
27	35.7	100	32.8	92	30.1	84	27.4	77	24.9	70	22.5	63	20.1	56	17.8	50	15.6	44	13.5	38	11.4	32	9.4	26	7.5	21
28	37.8	100	34.9	92	32.1	84	29.3	77	26.7	71	24.1	64	21.7	57	19.3	51	17.0	45	14.8	39	12.7	34	10.6	28	8.6	23
29	40.1	100	37.1	92	34.1	85	31.3	77	28.5	71	25.9	65	23.3	58	20.9	52	18.5	46	16.2	40	14.0	35	11.9	30	9.8	25
30			39.3	93	36.3	85	33.3	78	30.5	72	27.7	65	25.1	59	22.6	53	20.1	47	17.7	42	15.4	36	13.2	31	11.1	26
31					38.5	86	35.5	79	32.5	72	29.7	66	26.9	60	24.3	54	21.8	48	19.3	43	16.9	38	14.6	33	12.4	28
32							37.7	79	34.7	73	31.7	67	28.9	61	26.1	55	23.5	49	21.0	44	18.5	39	16.1	34	13.8	29
33									36.9	73	33.9	67	30.9	61	28.1	56	25.3	50	22.7	45	20.2	40	17.7	35	15.3	30
34											36.1	68	33.1	62	30.1	57	27.3	51	24.6	46	21.9	41	19.4	36	16.9	32
35											38.5	68	35.3	63	32.3	57	29.3	52	26.5	47	23.8	42	21.1	38	18.6	33
36													37.7	63	34.5	58	31.5	53	28.5	48	25.7	43	23.0	39	20.3	34
37															36.9	59	33.7	54	30.7	49	29.9	44	24.9	40	22.2	35
38																	36.1	54	33.0	50	32.2	45	26.9	41	24.1	36
39																	38.6	55	35.3	50	34.5	46	29.1	42	26.1	37
40																			37.8	51	37.0	47	31.4	42	28.3	38
41																						48	33.7	43	30.6	39
42																							36.2	44	32.9	40
43																									35.4	41
44																									38.1	42

续表

空气温度/℃	干湿球温度差/℃																									
	13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
	e	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*
22	1.2	4																								
23	2.0	7																								
24	2.8	9	1.2	4																						
25	3.7	12	2.0	6																						
26	4.6	14	2.9	9	1.2	4																				
27	5.7	16	3.8	11	2.1	6																				
28	6.7	18	4.9	13	3.1	8	1.3	3																		
29	7.9	20	5.9	15	4.1	10	2.3	6																		
30	9.0	21	7.1	17	5.1	12	3.3	8																		
31	10.3	23	8.3	18	6.3	14	4.3	10	2.5	6																
32	11.6	24	9.5	20	7.5	16	5.5	11	3.6	7																
33	13.1	26	10.8	22	8.7	17	6.7	13	4.7	9	2.8	5														
34	14.6	27	12.3	23	10.1	19	7.9	15	5.9	11	3.9	7														
35	16.1	29	13.8	24	11.5	20	9.3	16	7.1	13	5.1	9	3.1	5												
36	17.8	30	15.3	26	13.0	22	10.7	18	8.5	14	6.4	11	4.3	7												
37	19.5	31	17.0	27	14.5	23	12.2	19	9.9	16	7.7	12	5.6	9	3.5	6										
38	21.4	32	18.7	28	16.2	24	13.7	21	11.4	17	9.1	14	6.9	10	4.8	7										
39	23.3	33	20.6	29	17.9	26	15.4	22	13.0	18	10.6	15	8.3	12	6.1	9	4.0	6								
40	25.4	34	22.5	30	19.8	27	17.1	23	14.6	20	12.2	16	9.8	13	7.5	10	5.3	7	3.2	4						
41	27.5	35	24.6	32	21.7	28	19.0	24	16.4	21	13.8	18	11.4	15	9.0	12	6.7	9	4.5	6						
42	29.8	36	26.7	33	23.8	29	20.9	26	18.2	22	15.6	19	13.0	16	10.6	13	8.2	10	5.9	7	3.7	5				
43	32.2	37	29.0	33	25.9	30	23.1	27	20.1	23	17.4	20	14.8	17	12.2	14	9.8	11	7.4	9	5.1	6				
44	34.6	38	31.4	34	28.2	31	25.1	28	22.2	24	19.3	21	16.6	18	14.0	15	11.4	13	9.0	10	6.6	7	4.3	5		
45	37.3	39	33.8	35	30.6	32	27.4	29	24.3	25	21.4	22	18.5	19	15.8	16	13.2	14	10.6	11	8.2	9	5.8	6		
46			36.5	36	33.1	33	29.8	29	26.6	26	23.5	23	20.6	20	17.8	18	15.0	15	12.4	12	9.8	10	7.4	7	5.0	5
47					35.7	34	32.3	30	29.0	27	25.8	24	22.7	21	19.8	19										
48					38.4	34	34.9	31	31.5	28	28.2	25	25.0	22	21.9	20										
49							37.6	32	34.1	29	30.7	26	27.4	23	24.2	21										

注：*e* 代表水蒸气分压，单位为 10^2Pa；*r* 代表相对湿度，单位为%，下同。

（2）湿球结冰部分

空气温度/℃	干湿球温度差/℃				空气温度/℃	干湿球温度差/℃									
	0		1			0		1		2		3		4	
	e	*r*	*e*	*r*		*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*	*e*	*r*
−30	0.4	76			−15	1.7	88	0.7	38						
−29	0.4	77			−14	1.8	88	0.9	43						
−28	0.5	77			−13	2.0	89	1.0	46	0.1	4				
−27	0.5	78			−12	2.2	90	1.2	50	0.2	10				
−26	0.6	79			−11	2.4	91	1.4	53	0.4	16				
−25	0.6	80			−10	2.6	92	1.6	56	0.6	21				
−24	0.7	81			−9	2.9	93	1.8	59	0.8	26				
−23	0.8	81			−8	3.1	93	2.1	62	1.0	31				
−22	0.9	82			−7	3.4	94	2.3	65	1.3	35	0.2	7		
−21	0.9	83	0.1	6	−6	3.7	95	2.6	67	1.5	39	0.5	12		
−20	1.0	84	0.2	12	−5	4.0	96	2.9	69	1.8	43	0.7	18		
−19	1.2	85	0.2	18	−4	4.4	97	3.2	71	2.1	46	1.0	22		
−18	1.3	85	0.4	24	−3	4.8	97	3.6	73	2.4	50	1.3	27	0.2	4
−17	1.4	86	0.5	29	−2	5.2	98	4.0	76	2.8	53	1.6	31	0.5	10
−16	1.5	87	0.6	34	−1	5.6	99	4.4	77	3.2	56	2.0	35	0.8	15

注：计算依据的条件是平均风速 0.8m/s，环境气压 1000mbar，1mbar=10^2Pa。

2.7 无机气体的临界值和偏心因子

表 2.7.1 一些气体的临界值和偏心因子

分子式	名称	临界值						偏心因子
		T_c/K	p_c/kPa	V_c/(L/mol)	ρ_c/(kg/m³)	Z_c	α_c	ω
Ar	氩	150.86	4898	0.07459	531	0.291	—	−0.004
AsH_3	砷化氢	373	6550	0.0978	—	0.207	—	
BCl_3	三氯化硼	451.95	3870.6	0.1483	—	0.153	—	0.150
BF_3	三氟化硼	260.9	4990	0.12361	—	0.284	—	0.42
C_2N_2	氰	400.15	5980	0.195	—	0.351	—	0.24
Cl_2	氯气	417.15	7710	0.124	573	0.276	—	0.073
ClO_2	二氧化氯	465	8612.63	0	—	0	—	—
CNCl	氯化氰	449	5990	0.163	—	0.262	—	—
CO	一氧化碳	132.9	3500	93.1	301	0.295	6.10	0.049
CO_2	二氧化碳	304.21	7383	0.094	468	0.274	10.74	0.225
$COCl_2$	光气(氧氯化碳)	546.2	5670	—	5.20	—	—	—
COS	氧硫化碳	378.8	6349	0.1351	440	0.272	6.19	0.099
D_2	氘(重氢)	38.35	1661.7	0.060263	69.8	0.314	—	−0.13
D_2O	氧化氘	644.0	21660	55.6	—	0.225	—	
F_2	氟	144.12	5172.4	0.066547	630	0.287	—	0.048
H_2	氢	33.19	1313	0.064147	31.0	0.305	—	−0.22
H_2	仲氢	32.976	1292.8	0.064144	—	0.302	—	—
H_2O	水蒸气	647.3	22050	56.0	400	0.229	—	0.344
H_2S	硫化氢	373.2	8940	98.5	346	0.284	6.17	0.100
HBr	溴化氢	363.15	8552	0.10	809	0.283	6.05	0.063
HCl	氯化氢	324.65	8310	0.081	450	0.249	6.32	0.12
HCN	氰化氢	456.8	5390	139	194	0.197	7.69	0.407
He	氦	5.2	229	—	69.3	—	—	—
He-3	氦-3	3.31	117	0.0725	—	0.308	—	—
He-4	氦-4	5.2	227.5	0.0573	69.3	0.302	—	−0.387
HF	氟化氢	461.15	6480	0.069	290	0.117	7.39	0.372
HI	碘化氢	423.85	8310	0.1219	976	0.287	5.84	0.05
H_2S	硫化氢	373.53	8962.91	0.0985	—	0.284	—	—
H_2Se	硒化氢	411.15	8920	0.12	—	0.313	—	—
Kr	氪	209.35	5501.95	0.0912	908	0.288	—	−0.002
N_2	氮	126.2	3400	0.08921	313	0.289	6.03	0.040
N_2-14	氮-14	126	340	—	311	—	—	—
N_2-15	氮-15	126	339	—	332	—	—	—
Ne	氖	44.4	2653	0.0417	483	0.311	—	−0.04

续表

分子式	名　称	临　界　值						偏心因子
		T_c/K	p_c/kPa	V_c/(L/mol)	ρ_c/(kg/m³)	Z_c	α_c	ω
NF_3	三氟化氮	234	4460.7	0.11875	—	0.272	—	0.132
NH_3	氨	405.65	11280	0.07247	235	0.242	6.97	0.250
NO	一氧化氮	180.15	6480	0.058	520	0.251	8.93	0.607
N_2O	一氧化二氮	309.57	7245	0.0974	452	0.274	6.57	0.160
NO_2	二氧化氮	431.4	10130	170.0	557	0.480	9.98	0.860
NO_3	三氧化氮	425	6990	0.195	—	0.386	—	—
N_2O_4	四氧化二氮	431.15	10132.5	0.08249	452	0.233	6.57	0.160
NOCl	亚硝酰氯	440.65	9120	0.139	—	0.346	—	—
O_2	氧	154.58	5043	0.0734	436	0.288	5.90	0.021
O_3	臭氧	261.0	5570	0.089	436	0.228		0.215
PH_3	磷化氢	324.75	6540	0.113	—	0.274	—	—
Rn	氡	103.8	6280	—	1600	—	—	—
SF_6	六氟化硫	318.7	3760	0.1985	—	0.281	—	0.286
SiF_4	四氟化硅	259.0	3720	0.202	—	0.349	—	0.386
SO_2	二氧化硫	430.75	7884.1	0.122	524	0.269	—	0.251
Xe	氙气	289.74	5840.4	0.118	1105	0.286	—	0.002
	空气	132.45	3774	0.09147	350	0.313	—	—

表 2.7.2　其他气体的偏心因子

物料名	光气	氨-3	氨-4	二氧化氯	三氧化氮	三氟化氮	硒化氢	氯化氰
偏心因子	0.201	−0.472	−0.390	0.356	0.431	0.120	0.054	0.322
物料名	硅烷	乙硼烷	乙硅烷	二氯硅烷	三氯硅烷	亚硝酰氯	磷化氢	氟化硫
偏心因子	0.094	0.125	0.094	0.099	0.203	0.300	0.045	0.215

2.8　无机气体的比热容

气体的定压摩尔比热容计算式：

$$c_p = A + 0.001BT + C\times10^5T^2 + D\times10^{-6}T^2 \quad \text{J/(mol·K)}$$

式中，T 为温度，K；A、B、C 和 D 的数值见下表。

分子式	名　称	适用温度/K	A	B	C	D
Cl_2	氯	298～3000	36.93	0.251	−2.847	0
CO	一氧化碳	298～2500	28.43	4.103	−0.461	0
CO_2	二氧化碳	298～2500	44.17	9.043	−8.541	0
H_2	氢	298～3000	27.30	3.266	0.502	0
HCl	氯化氢	298～2000	26.54	4.605	1.089	0
H_2S	硫化氢	298～1800	29.39	15.41	0	0
N_2	氮	298～2500	27.88	4.271	0	0
NH_3	氨	298～800	25.81	31.64	0.352	0
O_2	氧	298～3000	29.98	4.187	−1.675	0
O_3	臭氧	298～2000	44.38	15.60	−8.616	−4.350

2.8.1 空　　气

表 2.8.1　空气的常压质量比热容　　单位：kJ/(kg·℃)

项目	温度/℃											
	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60
c_v						0.7164						
c_p	1.017	1.013	1.011	1.009	1.009	1.010	1.012	1.013	1.014	1.015	1.017	1.018

项目	温度/℃											
	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350
c_v				0.7231					0.7373		0.7578	
c_p	1.019	1.020	1.021	1.022	1.024	1.027	1.030	1.032	1.034	1.043	1.047	1.055

项目	温度/℃										
	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	2000
c_v	0.7813	0.8051	0.8281	0.8487	0.8671	0.8834	0.8976	0.9102	0.9211	0.9399	0.9785
c_p	1.068	1.072	1.089	1.102	1.114	1.127	1.139	1.152	1.164	1.173	1.182

表 2.8.2　空气的常压摩尔比热容　　单位：J/(mol·℃)

项　目	温度/℃								
	0	20	50	100	200	300	400	500	600
常压	29.08	29.09	29.10	29.16	29.31	29.53	29.80	30.10	30.42
真空	29.14	29.18	29.24	29.35	29.73	30.31	30.98	31.70	32.28

项　目	温度/℃								
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
常压	30.73	31.04	31.34	31.61	31.89	32.13	32.36	32.58	32.78
真空	32.91	33.41	33.87	34.25	34.62	34.92	35.16	35.38	35.56

项　目	温度/℃							
	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
常压								
真空	35.72	36.01	36.22	36.39	36.55	36.64	36.76	36.80

表 2.8.3　空气的常压体积比热容　　单位：kJ/(m³·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800
c_{pv}	1.302	1.306	1.311	1.319	1.331	1.344	1.356	1.369	1.382
温度/℃	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
c_{pv}	1.394	1.407	1.419	1.428	1.436	1.449	1.457	1.465	1.474
温度/℃	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	3000
c_{pv}	1.482	1.486	1.495	1.499	1.503	1.512	1.516	1.520	1.541

注：本表适用于绝对压强为0时。

表 2.8.4　常压空气的平均定容比热容（0～t℃）　　单位：kJ/(m³·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800
c_{vm}	0.926	0.929	0.936	0.946	0.958	0.972	0.986	1.000	1.013
温度/℃	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
c_{vm}	1.026	1.039	1.050	1.062	1.072	1.082	1.091	1.100	1.108

温度/℃	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
c_{vm}	1.116	1.123	1.13	1.136	1.143	1.148	1.154	1.159

表 2.8.5　常压下干空气的定压比热容　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	−180	−150	−100	−50	−20	0	10	20	30
c_p	1.047	1.038	1.022	1.013	1.005	1.011	1.010	1.012	1.013
温度/℃	40	50	60	70	80	90	100	120	140
c_p	1.014	1.016	1.017	1.018	1.019	1.021	1.022	1.025	1.027
温度/℃	150	160	180	200	250	300	350	400	500
c_p	1.028	1.03	1.032	1.035	1.043	1.047	1.055	1.059	1.076
温度/℃	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600
c_p	1.089	1.101	1.114	1.126	1.139	1.156	1.164	1.189	1.218

表 2.8.6　不同压强下干空气的定压比热容　　单位：kJ/(kg・℃)

温度	压　强/atm									
/℃	1	10	20	40	60	70	100	140	180	220
−140	1.0132	1.7082	2.6712	—	—	—	—	—	—	—
−100	1.0090	1.0802	1.1849	—	—	1.9217	—	—	—	—
−50	1.0048	1.0210	1.0551	1.3942	—	1.3015	—	—	—	—
0	1.0048	—	1.0425	1.1472	1.1137	—	1.1723	—	—	—
50	1.0048	—	1.0383	—	1.0886	—	1.1388	1.1807	1.2142	1.2393
100	1.0090	—	1.0341	—	1.0718	—	1.1053	1.1137	1.1346	1.1524
150	1.0174	—	1.0341	—	1.0593	—	1.0883	1.1368	1.1681	1.1891
200	1.0258	—	1.0341	—	1.0509	—	1.0760	1.0886	1.2095	1.1262
280	1.0420	—	1.0341	—	1.0425	—	1.0551	1.0634	1.0760	1.0844

注：1atm=101325Pa。

表 2.8.7　空气在不同温度和压强下的定容比热容　　单位：kJ/(kg・K)

温度	压　强/MPa									
/K	0.1	0.5	1.0	2	3	4	5	6	8	10
90	0.716									
100	0.716	0.882								
120	0.716	0.794	0.873	0.965	1.036	1.091	1.121	1.134	1.135	1.134
140	0.716	0.753	0.790	0.849	0.882	0.911	0.933	0.945	0.970	0.985
160	0.716	0.737	0.757	0.795	0.820	0.841	0.857	0.870	0.891	0.904
180	0.716	0.728	0.741	0.778	0.787	0.799	0.815	0.825	0.840	0.854
200	0.716	0.724	0.732	0.749	0.762	0.774	0.778	0.790	0.808	0.815
220	0.716	0.720	0.728	0.741	0.753	0.758	0.766	0.774	0.787	0.795
240	0.716	0.720	0.724	0.737	0.741	0.749	0.757	0.762	0.773	0.780
260	0.720	0.720	0.720	0.728	0.737	0.741	0.749	0.754	0.757	0.765
280	0.720	0.720	0.720	0.728	0.733	0.741	0.741	0.745	0.754	0.757
300	0.720	0.720	0.720	0.724	0.728	0.732	0.737	0.741	0.741	0.744
350	0.720	0.720	0.720	0.724	0.724	0.728	0.732	0.737	0.741	0.741
400	0.720	0.720	0.720	0.724	0.724	0.728	0.733	0.733	0.736	0.738
450	0.724	0.724	0.724	0.728	0.728	0.732	0.733	0.733	0.733	0.733
温度	压　强/MPa									
/K	15	20	25	30	40	50	60	70	100	120
120	1.127	1.118	1.110	1.098						
140	0.996	1.009	1.013	1.017	1.022	1.022				
160	0.925	0.937	0.950	0.955	0.963	0.967				
180	0.874	0.887	0.895	0.904	0.912	0.917	0.917			
200	0.833	0.845	0.854	0.858	0.866	0.871	0.875			
220	0.812	0.824	0.833	0.837	0.846	0.850	0.854	0.858		
240	0.795	0.803	0.812	0.816	0.825	0.829	0.833	0.837	0.841	
260	0.778	0.787	0.795	0.800	0.812	0.812	0.816	0.821	0.824	0.829
280	0.766	0.774	0.778	0.786	0.795	0.799	0.804	0.808	0.812	0.816
300	0.754	0.757	0.766	0.774	0.778	0.787	0.791	0.795	0.799	0.800
350	0.745	0.753	0.758	0.758						

表 2.8.8 空气在不同温度和压强下的定压比热容

（1）0.1～4.0MPa　　　　　　　　　　　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压强/MPa					
	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0
90	1.0524	1.0676				
100	1.0448	1.0588	1.0853	1.1859		
120	1.0369	1.0488	1.0652	1.1107	1.1693	1.2692
140	1.0307	1.0393	1.0496	1.0742	1.1057	1.1405
160	1.0253	1.0319	1.0393	1.0570	1.0768	1.1088
180	1.0198	1.0256	1.0314	1.0434	1.0570	1.0779
200	1.0148	1.0190	1.0235	1.0318	1.0412	1.0558
220	1.0107	1.0136	1.0164	1.0230	1.0297	1.0405
240	1.0073	1.0098	1.0123	1.0180	1.0235	1.0315
260	1.0061	1.0081	1.0102	1.0147	1.0197	1.0262
280	1.0056	1.0077	1.0094	1.0135	1.0173	1.0225
300	1.0061	1.0081	1.0094	1.0123	1.0156	1.0200
320	1.0073	1.0086	1.0102	1.0127	1.0156	1.0196
340	1.0082	1.0094	1.0106	1.0131	1.0156	1.0192
360	1.0094	1.0102	1.0115	1.0136	1.0160	1.0189
380	1.0103	1.0115	1.0123	1.0140	1.0160	1.0185
400	1.0115	1.0123	1.0136	1.0148	1.0165	1.0189
450	1.0140	1.0149	1.0153	1.0165	1.0182	1.0202
温度/K	压强/MPa					
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
120	1.7555	1.5369	2.4792	3.5428	3.6337	3.3681
140	1.4419	1.4433	1.6469	1.9543	2.3927	3.7811
160	1.2509	1.2484	1.3226	1.4165	1.5226	1.6512
180	1.1609	1.1584	1.1977	1.2449	1.2960	1.3454
200	1.1110	1.1096	1.1345	1.1631	1.1925	1.2235
220	1.0808	1.0793	1.0971	1.1172	1.1376	1.1452
240	1.0637	1.0617	1.0748	1.0903	1.1060	1.1220
260	1.0529	1.0508	1.0616	1.0743	1.0862	1.0982
280	1.0446	1.0432	1.0522	1.0619	1.0721	1.0819
300	1.0385	1.0373	1.0452	1.0533	1.0614	1.0698
320	1.0341	1.0330	1.0402	1.0471	1.0540	1.0611
340	1.0320	1.0313	1.0370	1.0430	1.0453	1.0497
360	1.0300	1.0296	1.0346	1.0395	1.0483	1.0554
380	1.0296	1.0284	1.0329	1.0376	1.0421	1.0470
400	1.0290	1.0280	1.0317	1.0359	1.0404	1.0447
450	1.0285	1.0280	1.0317	1.0352	1.0388	1.0423

注：此表和下表出处不同，故在4MPa时的数值略有差异。

（2）4.0～110MPa　　　　　　　　　　　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压强/MPa											
	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
120	3.2880	3.1813	3.0324	2.9227	2.8380	2.7702	2.7188	2.6278	2.5555	2.4897	2.4267	2.3781
140	6.2680	6.1426	4.7915	3.9844	3.5625	3.2722	3.0869	2.8391	2.6595	2.5279	2.4262	2.3485
160	1.8122	2.0244	2.5491	3.0226	3.1774	3.0518	2.9205	2.7139	2.5417	2.4184	2.3181	2.2295
180	1.4140	1.4813	1.6179	1.7581	1.8990	2.0272	2.0901	2.1366	2.1259	2.0927	2.0562	2.0124
200	1.2555	1.2889	1.3585	1.4321	1.5079	1.5791	1.6385	1.7355	1.7854	1.8036	1.8052	1.7943
220	1.1805	1.2036	1.2511	1.2982	1.3454	1.3908	1.4330	1.5043	1.5512	1.5839	1.6059	1.6159
240	1.1385	1.1554	1.1897	1.2245	1.2580	1.2919	1.3238	1.3779	1.4213	1.4553	1.4798	1.4989
260	1.1106	1.1229	1.1485	1.1741	1.2009	1.2278	1.2533	1.2981	1.3362	1.3678	1.3940	1.4156
280	1.0962	1.0819	1.1201	1.1420	1.1623	1.1840	1.2056	1.2422	1.2749	1.3043	1.3296	1.3510
300	1.0779	1.0863	1.1024	1.1193	1.1362	1.1531	1.1701	1.2003	1.2277	1.2531	1.2761	1.2967
320	1.0681	1.0747	1.0883	1.1022	1.1121	1.1283	1.1421	1.1664	1.1907	1.2132	1.2337	1.2527
340	1.0610	1.0671	1.0777	1.1020	1.1019	1.1109	1.1223	1.1425	1.1630	1.1825	1.2015	1.2192
360	1.0556	1.0613	1.0701	1.0896	1.0912	1.0988	1.1085	1.1261	1.1432	1.1597	1.1759	1.1913
380	1.0515	1.0563	1.0644	1.0805	1.0831	1.0902	1.0990	1.1142	1.1287	1.1425	1.1553	1.1678
400	1.0487	1.0529	1.0607	1.0686	1.0764	1.0843	1.0922					
450	1.0454	1.0492	1.0558	1.0628	1.0691	1.0753	1.0812					

续表

温度/K	压强/MPa										
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110
160	2.0725	1.9478	1.8349	1.7384	1.6546	1.5792						
180	1.9078	1.8111	1.7318	1.6605	1.6013	1.5510	1.4871					
200	1.7495	1.6955	1.6455	1.5998	1.5568	1.5198	1.4677	1.5551	1.5970			
220	1.6173	1.5969	1.5725	1.5446	1.5159	1.4895	1.4462	1.4400	1.4902			
240	1.5207	1.5203	1.5106	1.4952	1.4779	1.4595	1.4244	1.3965	1.3744	1.3578	1.3456	
260	1.4476	1.4572	1.4569	1.4515	1.4424	1.4306	1.4035	1.3798	1.3615	1.3478	1.3375	
280	1.3863	1.4047	1.4118	1.4144	1.4102	1.4023	1.3835	1.3643	1.3491	1.3372	1.3289	1.3206
300	1.3336	1.3585	1.3727	1.3809	1.3804	1.3766	1.3640	1.3493	1.3372	1.3270	1.3199	1.3138
320	1.2906	1.3178	1.3387	1.3505	1.3529	1.3520	1.3455	1.3348	1.3249	1.3163	1.3109	1.3067
340	1.2551	1.2827										
360	1.2245	1.2509										
380	1.1965	1.2212										

表 2.8.9　液化空气的定压比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	80	90	100	110	120
c_p/[J/(kg·K)]	1.9804	2.0580	2.1604	2.3302	2.5916

表 2.8.10　空气的比热容比

(1) 温度单位为热力学温度

温度/K	压强/kPa					温度/K	压强/kPa				
	1	100	1000	4000	10000		1	100	1000	4000	10000
50	1.4048					420	1.3937	1.3946	1.4015	1.4241	1.4653
60	1.4031					440	1.3922	1.3929	1.3990	1.4190	1.4538
80	1.4019					460	1.3904	1.3911	1.3966	1.4144	1.4469
100	1.4016					480	1.3886	1.3892	1.3942	1.4103	1.4389
120	1.4015	1.4164	1.6352			500	1.3866	1.3871	1.3917	1.4063	1.4312
140	1.4015	1.4118	1.5329			550	1.3813	1.3818	1.3854	1.6966	1.4183
160	1.4014	1.4088	1.4882	2.0990		600	1.3757	1.3760	1.3788	1.3880	1.4038
180	1.4014	1.4070	1.4639	1.7608		650	1.3700	1.3702	1.3726	1.3800	1.3917
200	1.4013	1.4056	1.4482	1.6379	2.1293	700	1.3643	1.3646	1.3664	1.3723	1.3847
220	1.4012	1.4048	1.4384	1.5714	1.8721	800	1.3540	1.3540	1.3550	1.3592	1.3648
240	1.4011	1.4040	1.4309	1.5315	1.7403	900	1.3440	1.3450	1.3451	1.3470	1.3705
260	1.4008	1.4032	1.4256	1.5048	1.6595	1000	1.3360	1.3360	1.3360	1.3385	1.3429
280	1.4004	1.4024	1.4211	1.4854	1.6060	1200	1.3220	1.3220	1.3220	1.3232	1.3257
300	1.4000	1.4017	1.4175	1.4708	1.5685	1400	1.3100	1.3100	1.3100	1.3106	1.3118
320	1.3993	1.4008	1.4144	1.4595	1.5407	1600	1.2980	1.2990	1.2991	1.3000	1.3201
340	1.3986	1.3999	1.4116	1.4501	1.5187	1800	1.2800	1.2879	1.2886	1.2818	1.4134
360	1.3976	1.3987	1.4089	1.4424	1.5005	2000	1.2430	1.2736	1.2803	1.2520	1.7826
380	1.3964	1.3975	1.4065	1.4066	1.4767	2500		1.2270	1.2468	1.2534	1.2543
400	1.3952	1.3961	1.4040	1.4295	1.4746	3000		1.1850	1.2117	1.2263	1.2307

（2）温度单位为摄氏度 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	400	600	800	1000	1400	2000
比热容比	1.403	1.401	1.398	1.393	1.385	1.376	1.650	1.341	1.088

2.8.2 氧　　气

表 2.8.11　氧气的常压比热容

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.9148	29.274	1.3059	0.6548	20.959	0.9349
100	0.9337	29.877	1.3331	0.6737	21.562	0.9621
200	0.9630	30.815	1.3749	0.7030	22.500	1.0036
300	0.9948	31.832	1.4202	0.7348	23.517	1.0492
400	1.0237	32.758	1.4616	0.7637	24.443	1.0907
500	1.0484	33.549	1.4968	0.7674	25.234	1.1258
600	1.0689	34.202	1.5257	0.8089	25.887	1.1548
700	1.0856	34.746	1.5500	0.8261	26.431	1.1790
800	1.0999	38.203	1.5705	0.8403	26.888	1.1995
900	1.1120	35.584	1.5876	0.8520	27.269	1.2167
1000	1.1229	35.914	1.6023	0.8625	27.599	1.2313
1100	1.1817	36.216	1.6157	0.8717	27.901	1.2447
1200	1.1401	36.488	1.6278	0.8805	28.173	1.2569
1300	1.1484	36.752	1.6396	0.8884	28.437	1.2686
1400	1.1564	36.999	1.6504	0.8964	28.684	1.2795
1500	1.1639	37.242	1.6613	0.9039	28.927	1.2904
1600	1.1710	37.480	1.6722	0.9115	29.165	1.3013
1700	1.1786	37.715	1.6827	0.9186	29.400	1.3117
1800	1.1857	37.945	1.6927	0.9261	29.630	1.3218
1900	1.1928	38.175	1.7032	0.9332	29.860	1.3322
2000	1.2004	38.406	1.7132	0.9404	30.091	1.3423
2100	1.2075	38.636	1.7273	0.9475	30.321	1.3528
2200	1.2142	38.858	1.7338	0.9546	30.543	1.3628
2300	1.2213	39.080	1.7434	0.9613	30.765	1.3724
2400	1.2280	39.293	1.7572	0.9680	30.978	1.3821
2500	1.2343	39.502	1.7622	0.9747	31.187	1.3934
2600	1.2410	39.708	1.7714	0.9810	31.393	1.4005
2700	1.2472	39.909	1.7806	0.9872	31.594	1.4097
2800	1.2493	39.984	—	—	—	—
2900	1.2548	40.152	—	—	—	—
3000	1.2602	40.277	1.7961	—	—	—

表 2.8.12　氧气的平均常压比热容（0～t℃）

（1）温度单位为摄氏度

温度/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	定压比热容 c_p /[kJ/(kg・℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol・℃)]	体积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³・℃)]	定压比热容 c_p /[kJ/(kg・K)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmmol・℃)]	体积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³・℃)]
0	0.915	29.274	1.306	0.655	20.959	0.935
100	0.923	29.538	1.318	0.663	21.223	0.947
200	0.935	29.931	1.335	0.675	21.616	0.964
300	0.950	30.400	1.356	0.690	22.085	0.985
400	0.965	30.878	1.377	0.705	22.563	1.007
600	0.979	31.334	1.398	6.719	23.019	1.027
600	0.993	31.761	1.417	0.733	23.446	1.046
700	1.005	32.150	1.434	0.745	23.835	1.063
600	1.016	32.502	1.450	0.756	24.187	1.079
900	1.026	32.825	1.465	9.766	24.510	1.094
1000	1.035	33.118	1.478	0.775	24.808	1.107
1100	1.043	33.386	1.489	0.783	25.071	1.118
1200	1.051	33.633	1.501	0.791	25.318	1.130
1300	1.058	33.863	1.511	0.798	25.548	1.140
1400	1.065	34.076	1.520	0.805	25.761	1.149
1500	1.071	34.282	1.529	0.811	25.967	1.158
1600	1.077	34.474	1.538	0.817	26.159	1.167
1700	1.083	34.658	1.546	0.823	26.343	1.175
1800	1.089	34.834	1.554	0.829	26.519	1.183
1900	1.094	35.006	1.562	0.834	26.691	1.191
2000	1.099	35.169	1.569	0.839	26.854	1.198
2100	1.104	35.328	1.576	0.844	27.013	1.205
2200	1.109	35.483	1.583	0.849	27.168	1.212
2300	1.114	35.634	1.590	0.854	27.319	1.219
2400	1.118	35.785	1.596	0.858	27.470	1.225
2500	1.123	35.927	1.603	0.863	27.612	1.232
2600	1.127	36.069	1.609	0.868	27.754	1.236
2700	1.131	36.207	1.615	0.872	27.892	1.244
2800	—	36.341	—	—	—	—
2900	—	36.509	—	—	—	—
3000	—	36.676	—	—	—	—

（2）温度单位为热力学温度

温度/K	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
c_p/[J/(mol・K)]	27.90	.27.91	27.98	28.11	28.29	28.50	28.75	29.01	29.30	29.59

温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p/[J/(mol・K)]	29.88	30.17	30.43	30.67	30.88	31.05	31.17	31.23	31.23

表 2.8.13 不同压强下氧气的定压比热容 单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压强/atm					
	0.01	1	10	40	70	100
300	0.918961	0.920468	0.934703	0.984442	1.035061	1.082706
310	0.920594	0.922017	0.935164	0.980758	1.026729	1.069309
320	0.922394	0.923692	0.935875	0.977869	1.019988	1.058842
330	0.924362	0.925576	0.936922	0.975650	1.014252	1.049631
340	0.926413	0.927544	0.938136	0.974101	1.009814	1.042095
350	0.9286320	0.929721	0.93956	0.973054	1.005921	1.036233
360	0.930977	0.931982	0.941235	0.972468	0.965392	1.031209
370	0.933447	0.934410	0.943035	0.972301	1.00098	1.027441
380	0.936043	0.936922	0.945086	0.972510	0.999431	1.024091
390	0.938722	0.939560	0.947222	0.972970	0.998133	1.021579
400	0.941486	0.942323	0.949524	0.973766	0.997338	1.019486
410	0.944375	0.945128	0.951953	0.974813	0.997086	1.01823
420	0.947305	0.948017	0.954465	0.976027	0.997086	1.016974
430	0.950278	0.950948	0.957061	0.977492	0.997631	1.016136
440	0.953376	0.954004	0.959824	0.979167	0.998133	1.016136
450	0.956474	0.957061	0.962545	0.980925	0.998929	1.016136
460	0.959573	0.960159	0.965392	0.982851	0.999892	1.016136
470	0.962755	0.963299	0.968281	0.984903	1.001106	1.016555
480	0.965937	0.966439	0.971212	0.986996	1.002487	1.017392
400	0.969119	0.969621	0.974143	0.989257	1.003995	1.018230
500	0.972301	0.972803	0.977115	0.991476	1.005586	1.019067
510	0.975524	0.975985	0.980130	0.993863	1.007344	1.020323
520	0.978706	0.979167	0.983103	0.996249	1.009144	1.021579
530	0.981888	0.982307	0.986075	0.998677	1.011028	1.022835
540	0.98507	0.985489	0.989090	1.001189	1.012996	1.024510
550	0.98821	0.988587	0.992062	1.003660	1.014964	1.025766
560	0.991351	0.991727	0.995077	1.006172	1.017057	1.027441
570	0.994449	0.994784	0.998008	1.008684	1.019151	1.029534
580	0.997505	0.997840	1.000980	1.011196	1.021286	1.031209
590	1.000561	1.000896	1.003869	1.013708	1.023421	1.032884
600	1.003576	1.003869	1.006758	1.016262	1.025557	1.034558

注：1atm＝101325Pa。

表 2.8.14 液氧在高压下的比热容 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	压强/kPa				
	1000	3000	5000	7000	9000
－190	1.675	1.671	1.666	1.662	1.662
－180	1.721	1.713	1.704	1.700	1.696
－170	1.780	1.763	1.750	1.742	1.734
－160	1.855	1.822	1.801	1.784	1.775
－150		1.923	1.877	1.843	1.822
－140		2.164	2.026	1.941	1.883
－130			2.482	2.179	2.007
－120				2.949	2.478

表 2.8.15 氧气的理想气体比热容

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
比热容/[kJ/(kg·℃)]	0.943	0.911	0.906	0.920	0.945	0.976	1.010	1.037	1.061	1.079	1.093	1.102	1.112

表 2.8.16　氧气的比热容比

温　度/℃	−180	−100	−50	0	15	50	100	150	200	300	400
k	1.4494	1.4154	1.4040	1.4015	1.4013	1.4010	1.4008	1.4003	1.3973	1.3964	1.3938

2.8.3　氢　　气

表 2.8.17　氢气的定压比热容①

（1）温度单位为摄氏度

项　　目	温　　度/℃								
	0	100	200	300	400	500	600	700	800
质量比热容/[kJ/(kg・℃)]	14.19	14.25	14.50	14.53	14.58	14.66	14.78	14.93	15.11
摩尔比热容/[J/(mol・℃)]		29.10	29.10	29.14	29.18	29.31	29.52	29.77	30.10
体积比热容/[kJ/(m³・℃)]	1.298	1.298	1.298	1.298	1.298	1.302	1.302	1.306	1.311
项　　目	温　　度/℃								
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
质量比热容/[kJ/(kg・℃)]	15.31	15.52	15.74	15.95	16.17	16.87	16.56	16.75	16.92
摩尔比热容/[J/(mol・℃)]	30.44	30.82	31.20	31.57	32.19	32.28	32.60	32.91	33.18
体积比热容/[kJ/(m³・℃)]	1.315	1.319	1.327	1.331	1.340	1.344	1.352	1.361	1.365
项　　目	温　　度/℃								
	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2600	3000
质量比热容/[kJ/(kg・℃)]	17.09	17.24	17.39	17.53	17.66	17.78	17.90	18.12	18.55
摩尔比热容/[kJ/(mol・℃)]	1.373	1.378	1.386	1.394	1.398	1.403	1.411	1.415②	1.440

① 质量比热容和体积比热容适用于绝压为 101.3kPa 时，摩尔比热容适用于绝压为 0 时。

② 温度为 2500℃时的数值。

（2）温度单位为热力学温度　　　　单位：kJ/(kg・K)

温　度/K	压　力/atm 1	10	100	温　度/K	压　力/atm 1	10	100
30	10.841	0.000	0.000	250	14.060	14.098	14.424
40	10.578	14.286	0.000	260	14.131	14.165	14.458
50	10.494	12.160	0.000	270	14.190	14.219	14.483
60	10.498	11.469	16.325	280	14.240	14.269	14.508
70	10.582	11.272	15.621	290	14.282	14.307	14.529
80	10.749	11.235	14.705	300	14.315	14.341	14.550
90	10.967	11.335	13.888	320	14.374	14.395	14.571
100	11.231	11.511	13.595	340	14.420	14.437	14.588
110	11.515	11.737	13.415	360	14.449	14.466	14.600
120	11.808	11.984	13.378	380	14.474	14.483	14.600
130	12.093	12.243	13.386	400	14.487	14.500	14.600
140	12.361	12.486	13.466	420	14.500	14.508	14.600
150	12.608	12.721	13.587	440	14.508	14.516	14.596
160	12.838	12.934	13.721	460	14.512	14.521	14.596
170	13.043	13.131	13.842	480	14.516	14.525	14.592
180	13.227	13.311	13.935	500	14.521	14.529	14.588
190	13.395	13.462	14.010	520	14.529	14.537	14.588
200	13.541	13.600	14.081	540	14.533	14.541	14.588
210	13.671	13.725	14.165	560	14.541	14.550	14.588
220	13.784	13.842	14.253	580	14.546	14.554	14.588
230	13.893	13.943	14.324	600	14.554	14.562	14.588
240	13.981	14.022	14.382				

表 2.8.18 氢的理想气体的比热容

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
比热容/[kJ/(kg・℃)]	13.50	13.94	14.22	14.38	14.47	14.52	14.56	14.62	14.71	14.84	15.00	15.20	15.42

表 2.8.19 氘的定压比热容

温　度/K	15	50	100	150	200	298.2	400	500	600
c_p/[kJ/(kg・K)]	5.158	5.158	5.234	5.698	6.347	7.068	7.235	7.264	7.281

表 2.8.20 氢和氘的比热容比

(1) 氢

温度	压　强/MPa										温度	压　强/MPa			温度	压　强/MPa		
/K	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19	/K	0.1	1	10	/K	0.1	1	10
60	1.24	1.40	1.45	1.38	1.25	1.11					50	1.684	1.913		280	1.410	1.412	1.426
65	1.19	1.33	1.39	1.38	1.32	1.25	1.20	1.16	1.12	1.11	100	1.587	1.617	1.842	300	1.405	1.406	1.417
70	1.17	1.28	1.34	1.36	1.35	1.32	1.30	1.29	1.29	1.29	150	1.488	1.500	1.578	400	1.398	1.398	1.403
75	1.13	1.22	1.29	1.32	1.33	1.33	1.33	1.34	1.36	1.37	200	1.439	1.444	1.479	500	1.397	1.397	1.398
80	1.11	1.19	1.25	1.28	1.31	1.33	1.33	1.36	1.38	1.40	250	1.416	1.418	1.436	600	1.396	1.396	1.396
85	1.09	1.17	1.22	1.25	1.28	1.30	1.32	1.35	1.37	1.39								

(2) 氘

温度	压　强/MPa									
/K	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
64	0	1.31	1.59	1.80	1.95	2.00	1.98	1.98	2.00	2.03
66	0	1.21	1.45	1.65	1.79	1.85	1.80	1.80	1.81	1.82
68	0	1.19	1.38	1.55	1.69	1.72	1.71	1.69	1.68	1.69
70	0	1.18	1.37	1.49	1.58	1.62	1.64	1.59	1.57	1.54
75	0	1.13	1.30	1.40	1.48	1.53	1.54	1.47	1.42	1.40
80	0	1.11	1.23	1.32	1.40	1.44	1.45	1.39	1.36	1.32

2.8.4 氮　　气

表 2.8.21 氮气的常压比热容

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg・℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol・℃)]	容积比热容 c_p' (标准状态) /[kJ/(m³・℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg・℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol・℃)]	容积比热容 c_v' (标准状态) /[kJ/(m³・℃)]
0	1.0392	29.115	1.2987	0.7423	20.8	0.9278
100	1.0421	29.199	1.3025	0.7453	20.884	0.9316
200	1.0517	29.471	1.3147	0.7553	21.156	0.9437
300	1.0693	29.952	1.3364	0.7225	21.637	0.9655
400	1.0915	30.576	1.3641	0.7947	22.261	0.9931
500	1.1154	31.25	1.3942	0.8185	22.935	1.0233
600	1.1392	31.92	1.3239	0.8424	23.605	1.053
700	1.1614	32.54	1.4516	0.8646	24.225	1.0806
800	1.1815	33.101	1.4787	0.8847	24.786	1.1057
900	1.1991	33.599	1.4989	0.9027	25.284	1.1279
1000	1.215	34.013	1.5186	0.9182	25.724	1.1478
1100	1.2288	34.124	1.5357	0.932	26.109	1.1648
1200	1.241	34.763	1.5508	0.9441	26.448	1.1798

续表

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
1300	1.2514	35.06	1.6642	0.9546	26.715	1.1932
1400	1.2606	35.32	1.5759	0.9638	27.005	1.2050
1500	1.2686	35.546	1.5860	0.9722	27.231	1.2150
1600	1.2761	35.747	1.5928	0.9793	27.432	1.2238
1700	1.2321	35.927	1.6027	0.9856	27.612	1.2318
1800	1.2883	36.090	1.6102	0.9914	27.775	1.2393
1900	1.2933	36.237	1.6165	0.9965	27.922	1.2456
2000	1.2979	36.367	1.6224	1.0011	28.052	1.2644
2100	1.3021	36.484	1.6278	1.0053	28.169	1.2707
2200	1.3063	36.593	1.6324	1.0094	28.278	1.2766
2300	1.3096	36.693	1.637	1.0128	28.378	1.2820
2400	1.3130	36.785	1.6412	1.0161	28.470	1.2874
2500	1.3159	36.869	1.6150	1.0191	28.554	1.2920
2600	1.3209	37.022	—	—	—	—
2700	1.3239	37.106	—	—	—	—
2800	1.3272	37.189	—	—	—	—
2900	1.3285	37.231	—	—	—	—
3000	1.3314	37.263	1.6622	—	—	—

表 2.8.22　氮气的平均常压比热容（0～t℃）

温度/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	1.039	29.115	1.299	0.742	20.8	0.928
100	1.040	29.141	1.300	0.744	20.829	0.929
200	1.043	29.225	1.304	0.747	20.913	0.938
300	1.049	29.383	1.811	0.752	21.068	0.94
400	1.057	29.601	1.321	0.760	21.286	0.95
500	1.066	29.864	1.332	0.769	21.549	0.961
600	1.076	30.149	1.315	0.779	21.834	0.974
700	1.087	30.451	1.359	0.790	22.136	0.988
800	1.097	30.718	1.372	0.801	22.433	1.001
900	1.108	31.037	1.385	0.811	22.722	1.011
1000	1.118	31.313	1.397	0.821	22.998	1.026
1100	1.127	31.577	1.409	0.830	23.262	1.038
1200	1.136	31.828	1.420	0.839	23.513	1.049
1300	1.145	32.067	1.431	0.848	23.752	1.060
1400	1.153	32.293	1.441	0.856	23.978	1.070
1500	1.160	32.502	1.450	0.863	24.187	1.079
1600	1.167	32.699	1.459	0.870	24.384	1.088
1700	1.171	32.883	1.467	0.877	24.588	1.096
1800	1.180	33.055	1.475	0.833	21.740	1.104
1900	1.186	33.218	1.482	0.889	24.903	1.111

续表

温度/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
2000	1.191	33.373	1.489	0.944	25.058	1.118
2100	1.197	33.520	1.496	0.900	26.205	1.125
2200	1.201	33.658	1.502	0.905	25.343	1.130
2300	1.206	33.787	1.507	0.909	25.472	1.136
2400	1.210	33.909	1.513	0.914	25.594	1.142
2500	1.211	34.022	1.518	0.918	25.707	1.147
2600	—	34.206	—	—	—	—
2700	—	34.290	—	—	—	—
2800	—	34.415	—	—	—	—
2900	—	34.499	—	—	—	—
3000	—	34.583	—	—	—	—

表 2.8.23　氮气在压力下的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压强/MPa						
	0.10	0.4	0.7	1	4	7	10
100	1.0726						
200	1.0433	1.0557	1.0687	1.0821	1.2107	1.3653	1.5343
300	1.0417	1.0462	1.0509	1.0557	1.1037	1.1503	1.1924
400	1.0454	1.0479	1.0502	1.0525	1.076	1.0989	1.1195
500	1.0567	1.0584	1.0599	1.0613	1.0753	1.0887	1.101
600	1.0756	1.0764	1.0774	1.0785	1.0880	1.0966	1.105
700	1.0986	1.0990	1.0998	1.1007	1.1074	1.1133	1.1193
800	1.1229	1.1233	1.1237	1.1241	1.1291	1.1337	1.1382
900	1.1459	1.1463	1.1468	1.1472	1.1513	1.1546	1.1579
1000	1.1677	1.1681	1.1684	1.1685	1.1714	1.1744	1.1772
1100	1.1874	1.1874	1.1875	1.1878	1.1903	1.1927	1.1948
1200	1.2045	1.2045	1.2047	1.2049	1.2070	1.2086	1.2107
1300	1.2196	1.2196	1.2198	1.2200	1.2217	1.2232	1.2246
1400	1.2330	1.2330	1.2330	1.2330	1.2346	1.2360	1.2371
1500	1.2443	1.2447	1.2448	1.2447	1.2459	1.2470	1.2480

表 2.8.24　理想氮气的比热容

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
c_p/[kJ/(kg·℃)]	1.058	1.043	1.037	1.038	1.047	1.061	1.079	1.101	1.125	1.149	1.172	1.193	1.211

表 2.8.25　液氮的比热容

温度/℃	−200	−190	−180	−170	−160	−154	50	100	150
c_p/[J/(mol·℃)]	54.43	55.43	57.74	63.14	79.47	103.4	30.54	30.05	29.68
温度/℃	200	250	300	350	400	450	500	550	600
c_p/[J/(mol·℃)]	29.42	29.24	29.18	29.18	29.26	29.41	29.60	29.85	30.13

温度/℃	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p/[J/(mol·℃)]	30.45	30.78	31.12	31.47	31.81	32.13	32.43	32.70

表 2.8.26　氦和氩气的比热容比　　单位：kJ/(kg・K)

名　称	温度/K	压　强/MPa									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
氩	25	1.70	2.00	2.25	2.33	2.31	2.26	2.21	2.12	2.08	2.00
氮	−50	0	9.48	13.9							
	0	0	5.75	9.00							
	50	0	3.35	5.75	7.40	7.90	8.05	8.15	8.15	8.15	
	100	0	2.35	4.20	5.35	5.90	6.15	6.25	6.25	6.25	
	150	0	1.76	3.10	4.00	4.70	5.00	5.25	5.20		
	300	0	0.98	1.75							

2.8.5　氨　　气

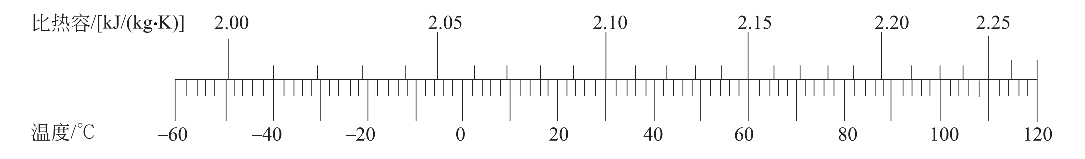


图 2.13　氨蒸气的比热容

表 2.8.27　理想氨气的比热容

温度/℃	c_p /[kJ/(kg・℃)]	c_p /[J/(mol・℃)]	温度/℃	c_p /[kJ/(kg・℃)]	c_p /[J/(mol・℃)]
0	2.056	1.977	800	3.400	3.013
100	2.206	1.946	900	3.534	3.170
200	2.386	2.003	1000	3.655	3.310
300	2.575	2.124	1100		3.436
400	2.738	2.284	1200		3.556
500	2.931	2.467	1500	4.099	
600	3.098	2.656	2000	4.354	
700	3.257	2.841	2500	4.505	
			3000	4.601	

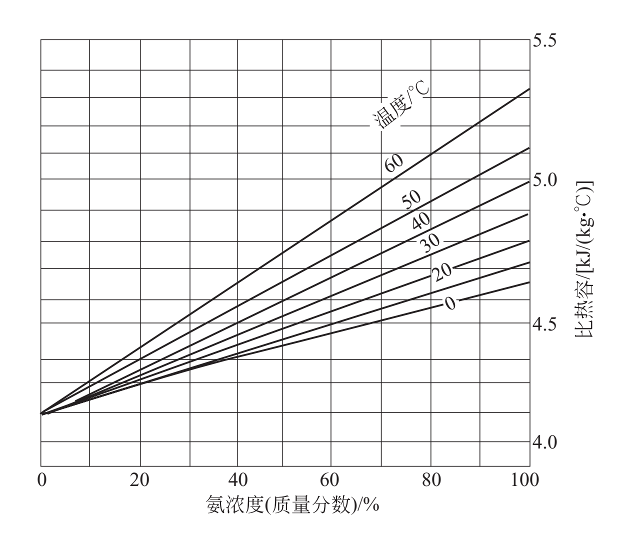


图 2.14　氨水溶液的比热容

表 2.8.28　加压时氨气的定压比热容

(1) 温度单位为热力学温度　　　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压强/MPa									
	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6
300	2.159	2.506	3.084	4.774	4.876	4.867	4.900	4.920	2.900	4.879
320	2.172	2.377	2.771	3.225	4.918	5.021	4.962	4.953	4.903	4.847
340	2.194	2.333	2.572	2.863	3.248	3.720	4.497	5.317	5.286	5.174
360	2.244	2.334	2.503	2.697	2.915	3.153	3.441	4.327	5.942	5.691
380	2.252	2.335	2.437	2.598	2.743	2.914	3.107	3.608	4.285	5.572
400	2.286	2.360	2.445	2.575	2.650	2.766	2.915	3.227	3.649	4.210
420	2.319	2.381	2.456	2.530	2.624	2.723	2.819	3.036	3.287	3.631
440	2.357	2.407	2.456	2.530	2.601	2.675	2.749	2.894	3.043	3.297
460	2.395	2.432	2.481	2.556	2.602	2.651	2.701	2.820	2.923	3.089
480	2.428	2.457	2.507	2.556	2.602	2.651	2.701	2.795	2.923	3.009
500	2.466	2.508	2.532	2.577	2.627	2.653	2.700	2.797	2.882	3.007
520	2.504	2.532	2.578	2.603	2.652	2.678	2.725	2.798	2.884	2.927
540	2.541	2.579	2.603	2.653	2.679	2.703	2.728	2.796	2.884	2.930
560	2.575	2.629	2.654	2.679	2.703	2.728	2.753	2.799	2.844	2.885
580	2.612	2.654	2.679	2.704	2.729	2.753	2.774	2.800	2.844	2.886

温度/K	压强/MPa									
	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22
300	4.859	4.819	4.796	4.776	4.753	4.734	4.694	4.651	4.628	4.61
320	5.168	5.164	5.109	5.073	4.988	4.943	4.903	4.861	4.820	4.779
340	5.698	5.678	5.570	5.532	5.414	5.285	5.199	5.118	5.034	4.983
360	10.90	7.516	6.565	6.614	6.216	6.05	5.841	5.633	5.461	5.334
380	5.017	6.360	10.77	8.369	8.923	8.374	7.175	6.753	6.370	6.057
400	4.066	4.527	5.196	6.026	8.373	11.04	12.72	9.793	7.996	7.653
420	3.523	3.765	4.144	4.549	5.558	7.117	10.23	13.475	11.49	8.847
440	3.266	3.447	3.662	3.899	4.544	5.506	6.798	8.356	9.781	10.38
460	3.134	3.289	3.420	3.576	3.982	4.590	5.139	5.699	6.469	6.967
480	3.091	3.172	3.292	3.418	3.627	3.867	4.193	4.525	4.888	5.299
500	3.054	3.092	3.170	3.291	3.466	3.625	3.830	4.038	4.242	4.512
520	3.008	3.052	3.130	3.179	3.294	3.423	3.544	3.707	3.838	3.986
540	2.928	3.005	3.054	3.092	3.175	3.297	3.384	3.464	3.582	3.712
560	2.929	2.928	3.004	3.025						

注：横线上方为气态，下方为液态。

(2) 温度单位为摄氏度

① 中低压　　　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	压强/kPa				
	常压	500	1000	1500	2000
−20	38.064				
−10	37.423				
0	36.995				
10	36.852	55.403			
50	37.067	40.577	46.249	53.770	64.678
100	38.213	39.830	42.078	44.533	47.391
150	39.641	40.555	41.750	43.016	44.286

② 高压　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　单位：J/(mol·℃)

温　度	压　强/MPa									
/℃	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
150	43.1	49.2	59.4	71.8	86.2	129.7	146.3	154.8	179.9	151.7
175	43.9	48.4	54.6	61.6	69.8	78.7	97.8	137.2	179.1	182.3
200	43.9	46.8	51.3	56.7	62.4	70.0	75.9	84.6	100.7	116.7
225	43.9	46.4	50.1	53.4	57.9	61.7	65.5	70.2	76.3	84.6
250	44.3	46.8	48.9	51.8	54.7	57.6	60.6	63.6	67.1	71.0
275	44.8	46.8	48.9	51.0	53.4	55.5	57.3	59.8	62.7	64.7
300	45.2	46.9	48.5	50.6	52.2	54.2	56.0	57.6	59.3	61.3

温　度	压　强/MPa								
/℃	25	30	40	50	60	70	80	90	100
150	118.1	113.4	95.0	85.3	82.7	78.0	78.0	70.1	69.0
175	145.2	117.1	97.4	89.0	82.5	77.9	77.9	70.2	69.5
120	131.9	120.1	97.9	88.0	82.1	77.0	77.8	70.3	69.3
225	103.9	108.0	96.4	86.7	81.2	76.6	77.7	70.3	68.9
250	82.2	92.0	93.0	85.4	80.3	76.1	77.5	70.4	68.9
275	72.2	80.7	85.6	82.7	79.0	76.0	77.3	70.4	69.0
300	66.6	72.4	79.8	79.3	77.2	74.7	76.6	70.1	68.7

表 2.8.29　不同压强下氨的定容比热容　　　　单位：J/(mol·K)

温　度	压　强/MPa									
/K	0.1	1	10	20	30	40	50	55	60	65
310			50.24	50.23	51.05	51.48	51.89	51.95	51.57	51.15
320	28.29	33.47	48.16	48.11	49.37	49.83	49.81	49.85	49.48	49.05
340	28.76	32.32	45.19	45.21	46.43	46.49	46.46	46.5	46.13	45.7
360	29.3	31.79	44.33	44.00	43.94	43.56	43.53	43.58	43.17	43.14
380	29.89	31.63	45.96	44.49	43.52	42.74	42.69	42.74	42.34	42.27
400	30.48	31.79	83.04	49.25	45.45	45.34	44.79	44.82	44.46	44.00
420	31.11	32.14	46.72	51.94	49.90	49.00	48.56	48.59	48.23	47.77
440	31.73	32.56	41.29	53.43	51.68	50.66	50.24	50.27	49.9	49.44
460	32.36	33.07	40.05	52.15	51.66	50.27	49.82	49.85	49.48	49.06
480	32.99	33.61	39.67	47.58	49.85	48.64	47.73	47.75	47.38	46.96
500	33.66	34.24	39.29	43.45	46.02	45.27	44.84	44.44	44.03	43.61
520	34.29	34.91	38.91	40.17	41.02	40.23	40.17	40.23	39.82	39.79
540	34.92	35.54	38.51	37.30	36.45	35.62	35.53	35.98	35.99	36.37
560	35.54	36.17	38.12	34.84	32.3	31.01	31.30	32.15	32.57	33.37
580	36.17	36.71	38.54							

温度/K	压　强/MPa								
	70	75	80	85	90	95	100	105	110
310	50.74	50.32	49.91	49.47	49.36	49.67	50.45	51.01	51.52
320	48.64	48.23	47.82	47.38	47.26	47.61	48.07	48.18	48.31
340	45.29	44.88	44.47	44.03	43.94	43.97	43.96	43.96	43.96
360	42.77	42.71	42.40	41.92	41.88	41.55	41.41	41.49	41.22
380	42.29	42.32	41.94	41.84	41.91	41.54	41.41	41.49	41.22
400	43.95	43.97	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.97	43.74
420	47.71	47.76	47.38	47.32	46.98	46.90	46.62	46.13	45.99
440	49.41	49.06	48.62	48.55	48.57	48.60	48.28	47.82	47.45
460	48.61	48.58	48.23	48.13	48.15	48.14	48.17	47.89	47.37
480	46.52	46.49	46.14	46.03	46.06	46.05	46.05	46.07	45.84
500	43.20	42.79	42.35	42.27	42.3	42.25	42.59	42.77	42.63
520	39.43	39.34	39.33	39.69	39.8	39.73	40.08	40.26	40.12
540	36.42	36.74	34.18	37.58	38.04	38.08	38.4	38.59	38.44
560	33.83	34.56	35.45	35.93	36.32	36.74	37.15	37.58	37.76

表 2.8.30　常压时液氨的定压比热容

（1）度单位为摄氏度　　　　单位：J/(mol · ℃)

温度/℃	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10
c_p	73.81	74.48	75.11	75.61	76.20	76.83	77.54	78.34	79.26

温度/℃	20	30	40	50	60	70	80	90
c_p	80.34	84.70	89.10	91.19	93.91	97.55	102.7	110.2

（2）温度单位为热力学温度　　　　单位：J/(mol · K)

温度/K	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
c_p	28.55	29.86	31.23	32.67	34.16	35.68	37.24	38.82	40.42	42.04
温度/K	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	43.63	45.22	46.77	48.32	49.78	51.25	52.63	53.97	55.22	56.35

2.8.6　一 氧 化 碳

表 2.8.31　常压下一氧化碳的比热容

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg · ℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol · ℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³ · ℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg · ℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol · ℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³ · ℃)]
0	1.0396	29.123	1.2992	0.7427	20.808	0.9282
100	1.0446	29.262	1.3059	0.7478	20.947	0.9345
200	1.0584	29.647	1.3226	0.7616	21.332	0.9517
300	1.0862	30.254	1.3498	0.7834	21.939	0.9789
400	1.1057	30.974	1.3816	0.8089	22.659	1.0107
500	1.1321	31.707	1.4147	0.8353	23.392	1.0454
600	1.1568	32.402	1.4457	0.8600	24.087	1.0748
700	1.1790	33.025	1.4733	0.8822	24.710	1.1024
800	1.1987	33.574	1.4976	0.9018	25.259	1.1267
900	1.2158	34.055	1.5194	0.0190	25.740	1.1484
1000	1.2305	34.470	1.5378	0.9337	26.155	1.1669
1100	1.2435	34.826	1.5537	0.9466	26.611	1.1828
1200	1.2544	35.140	1.5675	0.9575	26.825	1.1966
1300	1.2644	35.412	1.5797	0.9676	27.097	1.2087
1400	1.2728	3S.646	1.5901	0.9755	27.331	1.2192
1500	1.2799	35.856	1.5998	0.9831	27.541	1.2288
1600	1.2866	36.040	1.6077	0.9898	27.725	1.2368
1700	1.2925	36.203	1.6153	0.9956	27.888	1.2443
1800	1.2979	36.350	1.6215	1.0006	28.035	1.2506
1900	1.3025	36.480	1.6274	1.0057	28.165	1.2565
2000	1.3067	36.597	1.6329	1.0099	28.282	1.2619
2100	1.3105	36.706	1.6375	1.0136	28.391	1.2665
2200	1.3138	36.802	1.6416	1.0170	28.487	1.2707
2300	1.3179	36.894	1.6458	1.0203	28.579	1.2749
2400	1.3201	36.978	1.6496	1.0233	28.663	1.2786
2500	1.3230	37.053	1.6529	1.0258	28.738	1.2820
3000	1.3356	37.388	1.6683	—	—	—

表 2.8.32　一氧化碳的平均常压比热容（0～t℃）

（1）温度单位为摄氏度

温度 t/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_p' (标准状态) /[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_v' (标准状态) /[kJ/(m³·℃)]
0	1.04	29.123	1.299	0.743	20.808	0.928
100	1.042	29.173	1.302	0.745	20.863	0.931
200	1.046	29.303	1.307	0.719	20.988	0.936
300	1.054	29.517	1.317	0.757	21.202	0.948
400	1.063	29.789	1.329	0.767	21.474	0.958
600	1.075	30.099	1.343	0.777	21.784	0.972
600	1.086	30.425	1.357	0.789	22.1	0.986
700	1.098	30.752	1.372	0.801	22.437	1.001
600	1.109	31.07	1.386	0.812	22.755	1.015
900	1.12	31.376	1.4	0.823	23.061	1.029
1000	1.13	31.665	1.413	0.834	23.35	1.042
1100	1.14	31.937	1.425	0.843	23.622	1.054
1200	1.149	32.192	1.436	0.857	23.877	1.065
1300	1.158	32.427	1.447	0.861	24.112	1.076
1400	1.166	32.653	1.475	0.869	24.338	1.086
1500	1.173	32.858	1.466	0.876	24.543	1.095
1600	1.18	33.051	1.475	0.883	24.736	1.104
1700	1.187	33.231	1.483	0.889	24.916	1.112
1800	1.192	33.402	1.49	0.896	25.087	1.119
1900	1.198	33.561	1.497	0.901	25.246	1.126
2000	1.203	33.708	1.504	0.906	25.393	1.133
2100	1.208	33.85	1.61	0.911	25.535	1.139
2200	1.213	33.98	1.516	0.916	25.665	1.145
2300	1.218	34.106	1.521	0.921	25.791	1.151
2400	1.222	34.223	1.527	0.925	25.908	1.156
2500	1.226	34.336	1.532	0.929	26.021	1.161
3000	—	34.834	—	—	—	—

（2）温度单位为热力学温度　　单位：J/(mol·K)

温度/K	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
c_p	30.30	29.85	29.53	29.31	29.20	29.18	29.24	29.38	29.58	29.83
温度/K	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	30.12	30.45	30.81	31.18	31.56	31.93	32.29	32.62	32.93	33.19

表 2.8.33　不同压强下一氧化碳气体的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温　度 /K	压　强/kPa					
	1	100	1000	4000	7000	10000
200	1.04	1.0445	1.0879	1.2574	1.4620	1.6966
220	1.04	1.0437	1.0776	1.1913	1.3057	1.4195
240	1.04	1.0433	1.0702	1.1204	1.1151	1.0594
260	1.04	1.0429	1.0653	1.1338	1.3067	1.7202
280	1.0404	1.0425	1.0615	1.1199	1.1704	1.2133
300	1.0413	1.0429	1.0594	1.1088	1.1531	1.1915
320	1.0421	1.0433	1.0574	1.1016	1.1379	1.5563

续表

温度 /K	压强/kPa					
	1	100	1000	4000	7000	10000
340	1.0429	1.0442	1.0562	1.0951	1.1302	1.1618
360	1.0442	1.0454	1.0562	1.0905	1.1224	1.1514
380	1.0463	1.0471	1.0570	1.0873	1.1154	1.1427
400	1.0484	1.0492	1.0579	1.0852	1.1107	1.1357
420	1.0505	1.0513	1.0591	1.0836	1.1066	1.1295
440	1.0534	1.0542	1.0613	1.0832	1.1047	1.1246
460	1.0567	1.0576	1.0638	1.0836	1.1032	1.1213
480	1.0605	1.0609	1.0667	1.0850	1.1016	1.1188
500	1.0643	1.0647	1.0701	1.0867	1.1021	1.1173
520	1.0685	1.0689	1.0738	1.0888	1.103	1.1169
540	1.0727	1.0735	1.0776	1.0915	1.1054	1.1173
560	1.0777	1.0781	1.0818	1.0950	1.1071	1.1182
580	1.0823	1.0827	1.0864	1.0980	1.1096	1.1204
600	1.0873	1.0877	1.091	1.1022	1.1126	1.1225
620	1.0923	1.0927	1.0961	1.1064	1.1160	1.1246
640	1.0978	1.0982	1.1011	1.1106	1.1198	1.1280
660	1.1032	1.1036	1.1061	1.1151	1.1237	1.1313
680	1.1082	1.1087	1.1112	1.1194	1.1274	1.1347
700	1.1137	1.1137	1.1161	1.1241	1.1311	1.1381
720	1.1187	1.1191	1.122	1.1286	1.1357	1.1420
740	1.1242	1.1246	1.1267	1.1332	1.1401	1.1461
760	1.1292	1.1296	1.1317	1.1382	1.1443	1.1498
780	1.1346	1.135	1.1367	1.1428	1.1486	1.154
800	1.1396	1.1401	1.1417	1.1474	1.1532	1.1578
900	1.1639	1.1639	1.1652	1.1698	1.1737	1.1780
1000	1.1853	1.1853	1.1865	1.1903	1.1930	1.1964
1100	1.2041	1.2041	1.2049	1.2079	1.2106	1.2129
1200	1.2209	1.2209	1.2209	1.2237	1.2263	1.2282
1300	1.2351	1.2351	1.2355	1.2376	1.2392	1.2412
1400	1.2472	1.2472	1.2477	1.2493	1.2505	1.2522
1500	1.2581	1.2581	1.2590	1.2598	1.2613	1.2624
1600	1.2673	1.2673	1.2678	1.269	1.2702	1.2711
1700	1.2753	1.2753	1.2757	1.2766	1.2777	1.2787
1800	1.2828	1.2828	1.2832	1.2841	1.2848	1.2854
1900	1.2891	1.2891	1.2908	1.2901	1.2903	1.2918
2000	1.2946	1.2946	1.2970	1.2960	1.2956	1.2969
2100	1.2996	1.2996	1.3000	1.3009	1.3008	1.3012
2200	1.3042	1.3042	1.3046	1.3050	1.3054	1.3059
2300	1.3084	1.3084	1.3084	1.3088	1.3092	1.3100
2400	1.3121	1.3121	1.3121	1.3130	1.3130	1.3133
2500	1.3155	1.3155	1.3155	1.3163	1.3168	1.3167
2600	1.3188	1.3188	1.3188	1.3193	1.3193	1.3196
2700	1.3218	1.3218	1.3218	1.3222	1.3222	1.3225
2800	1.3243	1.3243	1.3247	1.3251	1.3250	1.3255
2900	1.3272	1.3272	1.3272	1.3272	1.3276	1.3277
3000	1.3293	1.3293	1.3293	1.3297	1.3297	1.3301

表 2.8.34　理想一氧化碳气体的比热容

（1）气体　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
c_p	1.0682	1.0451	1.0364	1.0393	1.0510	1.0692	1.0917	1.1165	1.1420	1.1667	1.1893	1.2090	1.2250

（2）液体　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−200	−190	−180	−170	−160	−154	−152
c_p	60.37	62.30	66.36	70.42	78.54	89.30	95.38

2.8.7　二氧化碳

表 2.8.35　常压下二氧化碳气体的比热容

（1）温度单位为摄氏度

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_p'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_v'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.8148	35.860	1.5998	0.6259	27.545	1.2288
100	0.9136	40.206	1.7936	0.7247	31.891	1.4227
200	0.9927	43.689	1.9490	0.8039	35.374	1.5780
300	1.0567	46.515	2.0754	0.8679	38.200	1.7044
400	1.1103	48.86	2.1796	0.9211	40.545	1.8087
500	1.1547	50.815	2.2672	0.9659	42.500	1.8862
600	1.1920	52.459	2.3400	1.0027	44.137	1.9691
700	1.2230	53.826	2.4015	1.0341	45.511	2.0306
800	1.24930	54.977	2.4526	1.0601	46.662	2.0817
900	1.2715	55.952	2.4926	1.0823	47.637	2.1252
1000	1.2900	56.773	2.5530	1.1011	48.458	2.1621
1100	1.3059	57.472	2.5640	1.1170	49.157	2.1930
1200	1.3197	58.071	2.5908	1.1304	49.756	2.2198
1300	1.3314	58.586	2.6138	1.1122	50.271	2.2429
1400	1.3415	59.030	2.6335	1.1522	50.715	2.2625
1500	1.3498	59.411	2.6507	1.1610	51.096	2.2797
1600	1.3574	59.737	2.6649	1.1685	51.422	2.2939
1700	1.3636	60.022	2.6779	1.1748	51.707	2.3069
1800	1.3695	60.269	2.6888	1.1807	51.954	2.3178
1900	1.3741	60.478	2.6980	1.1853	52.163	2.3270
2000	1.3783	60.654	2.7059	1.1891	52.339	2.3350
2100	1.3816	60.801	2.7126	1.1024	52.486	2.3413
2200	1.3842	60.918	2.7177	1.1953	52.603	2.3467
2300	1.3862	61.006	2.7218	1.1974	52.691	2.3509
2400	1.3875	61.060	2.7239	1.1987	52.745	2.3530
2500	1.3879	61.085	2.7252	1.1991	52.770	2.3542
3000	1.3942	61.378	2.7382			

（2）温度单位为热力学温度　　单位：J/(mol·K)

温度/K	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
c_p	23.33	26.59	29.61	32.38	34.92	37.25	39.37	41.30	43.04	44.67
温度/K	550	600	65	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	46.10	47.39	48.57	49.66	50.62	51.46	52.29	53.00	53.72	54.39

表 2.8.36 常压下二氧化碳气体的平均比热容（0～t℃）

温度 t/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.815	35.86	1.600	0.626	27.545	1.229
100	0.866	38.112	1.700	0.677	29.797	1.329
200	0.910	40.059	1.787	0.721	31.744	1.416
300	0.949	41.755	1.863	0.760	33.440	1.492
400	0.985	43.250	1.950	0.794	34.935	1.559
600	1.013	44.573	1.989	0.824	36.258	1.618
600	1.040	45.753	2.041	0.851	37.438	1.870
700	1.064	46.813	2.088	0.875	38.498	1.717
600	1.085	47.763	2.131	0.896	39.448	1.760
900	1.104	48.617	2.169	0.916	40.302	1.798
1000	1.122	49.392	2.204	0.933	41.077	1.833
1100	1.138	50.099	2.235	0.950	41.784	1.864
1200	1.155	50.740	2.264	0.964	42.425	1.895
1300	1.166	51.322	2.290	0.977	43.007	1.919
1400	1178	51.858	2.314	0.989	43.543	1.943
1500	1.189	52.348	2.335	1.001	44.033	1.964
1600	1.200	52.800	2.355	1.011	44.485	1.985
1700	1.209	53.218	2.374	1.020	44.903	2.003
1800	1.218	53.604	2.392	1.029	45.289	2.021
1900	1.226	53.959	2.407	1.037	45.644	2.036
2000	1.233	54.29	2.422	1.045	45.975	2.051
2100	1.241	54.596	2.436	1.052	46.281	2.065
2200	1.247	54.881	2.448	1.058	46.566	2.077
2300	1.253	55.144	2.480	1.064	46.829	2.089
2400	1.259	55.391	2.471	1.070	47.076	2.100
2500	1.264	55.617	2.481	1.075	47.302	2.110
2600		55.852				
2700		56.061				
2800		56.229				
2900		56.438				
3000		56.606				

表 2.8.37 不同压强下二氧化碳气体的定压比热容

（1）温度单位为热力学温度，压强为 atm　　　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压强/atm							
	0.1	1	4	7	10	40	70	100
300	0.8470	0.8533	0.8742	0.8960	0.9190	1.4085	—	—
310	0.8571	0.8625	0.8809	0.9006	0.9216	1.3327	—	—
320	0.8671	0.8722	0.8889	0.9061	0.9241	1.2440	2.1023	3.9098
330	0.8768	0.8814	0.8964	0.9119	0.9274	1.1288	1.4994	2.1647
340	0.8864	0.8906	0.9044	0.9182	0.9320	1.0966	1.3461	1.7334
350	0.8960	0.8994	0.9119	0.9245	0.9375	1.0890	1.3101	1.6392
360	0.9052	0.9086	0.9199	0.9312	0.9433	1.0815	1.2762	1.5597
370	0.9140	0.9170	0.9274	0.9379	0.9488	1.0740	1.2440	1.4784
380	0.9228	0.9257	0.9350	0.9450	0.9551	1.0681	1.2155	1.4102
390	0.9316	0.9341	0.9429	0.9517	0.9609	1.0643	1.1929	1.3574
400	0.9400	0.9421	0.9504	0.9584	0.9668	1.0614	1.1770	1.3160

续表

温度/K	压　　强/atm							
	0.1	1	4	7	10	40	70	100
410	0.9479	0.9504	0.9576	0.9655	0.9731	1.0601	1.1627	1.2812
420	0.9563	0.9580	0.9651	0.9722	0.9793	1.0585	1.1485	1.2469
430	0.9638	0.9659	0.9722	0.9789	0.9856	1.0589	1.1414	1.2289
440	0.9718	0.9735	0.9793	0.9856	0.9919	1.0597	1.1334	1.2088
450	0.9793	0.9810	0.9865	0.9923	0.9982	1.0606	1.2092	1.1866
460	0.9869	0.9881	0.9936	0.9986	1.0040	1.0597	1.1158	1.1585
470	0.9940	0.9953	1.0003	1.0053	1.0103	1.0627	1.1100	1.1414
480	1.0011	1.0024	1.0070	1.0116	1.0166	1.0648	1.1062	1.1288
490	1.0078	1.0091	1.0137	1.0179	1.0225	1.0681	1.1070	1.1284
500	1.0149	1.0158	1.0200	1.0241	1.0283	1.0719	1.1108	1.1368
510	1.0216	1.0225	1.0262	1.0304	1.0342	1.0761	1.1167	1.1506
520	1.0279	1.0292	1.0329	1.0363	1.0401	1.0802	1.1221	1.1627
530	1.0346	1.0354	1.0388	1.0426	1.0459	1.0840	1.1246	1.1657
540	1.0409	1.0417	1.0451	1.0484	1.0518	1.0878	1.1263	1.1661
550	1.0468	1.0476	1.0509	1.0539	1.0572	1.0916	1.1280	1.1657
560	1.0530	1.0539	1.0568	1.0597	1.0627	1.1786	1.1297	1.1657
570	1.0589	1.0597	1.0622	1.0652	1.0681	1.0987	1.1317	1.1657
580	1.0648	1.0656	1.0681	1.0706	1.0735	1.1024	1.1338	1.1661
590	1.0706	1.0710	1.0740	1.0761	1.0790	1.1066	1.1359	1.1665
600	1.0761	1.0769	1.0790	1.0815	1.0840	1.1104	1.1380	1.1669

（2）温度单位为热力学温度，压强为 MPa　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压　　强/MPa							
	0.01	0.1	0.4	0.7	1	4	7	10
200	0.7394							
230	0.7712	0.7889	0.9079	1.2544				
260	0.8043	0.8146	0.8517	0.8989	0.9661			
290	0.8365	0.8435	0.8667	0.8906	0.9162			
320	0.8671	0.8720	0.8886	0.9055	0.9232	1.2350	2.0648	3.8073
350	0.8960	0.8993	0.9096	0.9240	0.9371	1.0804	1.3034	1.6224
380	0.9228	0.9257	0.9348	0.9446	0.9546	1.0651	1.2305	1.4045
410	0.9479	0.9504	0.9574	0.9652	0.9727	1.0571	1.1599	1.2756
440	0.9718	0.9734	0.9792	0.9854	0.9916	1.0581	1.1312	1.2055
470	0.9939	0.9952	1.0001	1.0051	1.0100	1.0617	1.1088	1.1404
500	1.0149	1.0157	1.0198	1.0240	1.0281	1.0710	1.1098	1.1360
530	1.0346	1.0354	1.0387	1.0424	1.0457	1.0823	1.1238	1.1638
560	1.0530	1.0538	1.0567	1.0596	1.0625	1.0942	1.1286	1.1640
590	1.0706	1.0710	1.0739	1.0760	1.0787	1.1079	1.1343	1.1652
620	1.0869	1.0877	1.0898	1.0918	1.0943	1.1185	1.1423	1.1687
650	1.1028	1.1032	1.1053	1.1069	1.1090	1.1301	1.1508	1.1735
680	1.1175	1.1179	1.1195	1.1212	1.1232	1.1416	1.1596	1.1799
710	1.1317	1.1321	1.1333	1.1350	1.1363	1.1514	1.1693	1.1861
740	1.1447	1.1451	1.1463	1.1480	1.1493	1.1628	1.1785	1.1929
770	1.1576	1.1581	1.1589	1.1601	1.1618	1.1745	1.1865	1.2000
800	1.1694	1.1698	1.1710	1.1719	1.1731	1.1852	1.1951	1.2070
950	1.2205	1.2209	1.2217	1.2221	1.2229	1.2309	1.2366	1.2437
1100	1.2598	1.2602	1.2606	1.2610	1.2615	1.2664	1.2710	1.2755
1250	1.2904	1.2904	1.2908	1.2912	1.2916	1.2953	1.2986	1.3019
1400	1.3142	1.3142	1.3147	1.3147	1.3150	1.3189	1.3201	1.3229
1500	1.3272	1.3272	1.3276	1.3276	1.3280	1.3314	1.3322	1.3347

（3）温度单位为摄氏度，压强为 MPa

① 质量比热容 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	压强/MPa								
	0.1	0.5	1.0	5	10	20	30	40	50
−50	0.7944	0.9224							
−25	0.8042	0.8830	0.9987						
0	0.8167	0.8739	0.9422						
50	0.8752	0.8986	0.9299	1.3583	1.9268	3.3648			
100	0.9182	0.9315	0.9499	1.1371	1.5346	2.3476	1.8818		
200	0.9940	0.9999	1.0072	1.0728	1.1704	1.3765	1.5253	1.5701	1.5412
300	1.0572	1.0610	1.0653	1.0978	1.1453	1.2315	1.3041	1.3425	1.4097
400	1.1108	1.1125	1.1155	1.1370	1.1646	1.2182	1.2612	1.2980	1.3262
500	1.1551	1.1568	1.1585	1.1749	1.1939	1.2257	1.2531	1.2826	1.3060
600	1.1928	1.1941	1.1954	1.2061	1.2201	1.2414	1.2671	1.2862	1.3023
700	1.2246	1.2255	1.2268	1.2339	1.2452	1.2650	1.2795	1.2972	1.3106

② 摩尔比热容 单位：J/(mol·℃)

温度/℃	压强/MPa						
	0	0.1	0.5	1.0	2.5	5.0	10
−25		36.1172	40.2675	46.4359			
0	35.84	36.8317	39.5653	43.2661	59.7195	102.659	189.290
25		37.6545	39.5787	42.1214	51.8742	77.4921	143.668
50		38.6869	39.9484	41.7705	48.1143	60.7784	90.6554
100	40.53	40.3382	41.0692	41.9765	45.2392	51.4568	61.4931
200	43.84	43.7895	44.0960	44.4518	45.5164	47.3966	50.7843
300	47.02	46.5901	46.7680	46.9752	47.6256	48.7111	50.2572
400	49.36	48.9203	49.0390	49.1771	49.6009	50.3069	51.3326
500	51.29	50.8706	50.9496	51.0483	51.3443	51.8476	52.6679

温度/℃	压强/MPa					
	20	30	40	50	60	80
0	99.3759	88.1942	85.0225	80.2424	76.4010	73.8403
25	143.297	107.433	95.8760	91.0894	86.0432	82.6553
50	140.353	122.129	100.5314	91.8587	87.0374	81.3128
100	71.3213	93.0749	85.1195	78.5187	75.1485	69.8719
200	52.2545	61.1536	67.0547	68.0260	67.1378	66.6647
300	51.1629	55.2817	58.8018	61.4264	62.8073	63.2134
400	51.5698	54.2111	56.7507	58.6580	59.9643	60.8995
500	52.5507	53.9794	55.2514	56.5293	57.6668	58.7783

注：温度为600℃、700℃、800℃、900℃、1000℃、1200℃、1400℃、1600℃、1800℃、2000℃、2200℃、2400℃、2600℃和3000℃时，其值分别为52.88J/(mol·℃)、54.18J/(mol·℃)、55.27J/(mol·℃)、56.15J/(mol·℃)、56.94J/(mol·℃)、58.07J/(mol·℃)、58.91J/(mol·℃)、59.54J/(mol·℃)、60.00J/(mol·℃)、60.38J/(mol·℃)、60.67J/(mol·℃)、60.88J/(mol·℃)、61.09J/(mol·℃)和61.38J/(mol·℃)。

表 2.8.38　不同压强下二氧化碳气体和液体的定容比热容

（1）　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	压　强/MPa											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5
－30	0.586	0.603	0.615	0.631	0.648	0.664	0.698	0.727	0.759			
－20	0.599	0.611	0.623	0.636	0.652	0.665	0.693	0.719	0.747	0.804		
－10	0.611	0.624	0.632	0.644	0.657	0.669	0.690	0.710	0.735	0.776	0.846	0.927
0	0.624	0.632	0.640	0.648	0.661	0.669	0.686	0.706	0.723	0.751	0.798	0.846
10	0.636	0.645	0.649	0.657	0.665	0.673	0.686	0.702	0.715	0.735	0.773	0.810
20	0.649	0.653	0.657	0.665	0.670	0.677	0.690	0.702	0.715	0.728	0.760	0.790
30	0.661	0.666	0.670	0.674	0.678	0.686	0.695	0.703	0.711	0.723	0.748	0.773
40	0.670	0.674	0.678	0.682	0.686	0.690	0.699	0.707	0.712	0.719	0.740	0.761
50	0.678	0.682	0.686	0.691	0.695	0.699	0.703	0.707	0.711	0.720	0.736	0.753

温度/℃	压　强/MPa											
	3	4	5	6	8	10	15	20	30	40	50	100
0	0.905	1.252	1.248	1.244	1.235	1.231	1.223	1.218	1.214	1.210	1.206	1.201
10	0.851	0.938			1.190	1.181	1.164	1.156	1.151	1.148	1.143	1.146
20	0.822	0.897				1.143	1.114	1.101	1.097	1.093	1.089	1.095
30	0.801	0.860					1.073	1.056	1.051	1.047	1.046	1.059
40	0.785	0.832	0.885				1.035	1.018	1.013	1.009	1.008	1.021
50	0.769	0.806	0.839	0.876	0.958	1.061	1.013	0.979	0.986	0.975	0.979	0.995

注：横线下方为气体，上方为液体。

（2）　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　单位：kJ/(kg・℃)

温　度/℃	压　强/MPa								
	0.1	0.5	1.0	5	10	20	30	40	50
－50	0.5960	0.6508							
－25	0.6106	0.6444	0.6901						
0	0.6310	0.6495	0.6799						
50	0.6833	0.6919	0.7025	0.8048	0.9858	0.9781			
100	0.7273	0.7315	0.7367	0.7829	0.8411	0.9042	0.8883		
200	0.8047	0.8056	0.8068	0.8175	0.8303	0.8541	0.8702	0.8719	0.8704
300	0.8683	0.8688	0.8692	0.8731	0.8790	0.8866	0.8947	0.8987	0.9002
400	0.9211	0.9211	0.9215	0.9227	0.9258	0.9292	0.9335	0.9354	0.9367
500	0.9646	0.9646	0.9655	0.9660	0.9672	0.9689	0.9710	0.9713	0.9714
600	1.0019	1.0023	1.0028	1.0040	1.0040	1.0057	1.0061	1.0061	1.0066
700	1.0341	1.0341	1.0341	1.0350	1.0350	1.0363	1.0362	1.0362	1.0362

注：(1)、(2) 表来源不同，数据略有差异。

表 2.8.39　二氧化碳气体的比热比　　　　　　单位：kJ/(kg・K)

温度/K	压　强/kPa							
	10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
200	1.3617							
220	1.3475	1.3488						
240	1.3210	1.3318	1.3664	1.4018	1.4458			
260	1.3090	1.3169	1.3445	1.3731	1.3999			

续表

温度/K	压强/kPa 10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
280	1.2980	1.3039	1.3266	1.3512	1.3805			
300	1.2880	1.2929	1.3107	1.3304	1.3511	1.7088		
320	1.2795	1.2839	1.2978	1.3125	1.3283	1.5930	2.1966	4.9125
340	1.2717	1.2750	1.2868	1.2986	1.3114	1.5060	1.9116	2.8860
360	1.2645	1.2670	1.2768	1.2867	1.2975	1.4379	1.7087	2.0477
380	1.2581	1.2600	1.2599	1.2764	1.2865	1.3739	1.5892	1.7836
400	1.2521	1.2540	1.2609	1.2678	1.2756	1.3636	1.4782	1.6235
420	1.2468	1.2480	1.2539	1.2608	1.2668	1.3363	1.4299	1.5442
440	1.2418	1.2430	1.2479	1.2538	1.2588	1.3176	1.3926	1.4849
460	1.2373	1.2390	1.2429	1.2478	1.2519	1.3017	1.3642	1.4351
480	1.2330	1.2340	1.2379	1.2419	1.2458	1.2911	1.3444	1.4060
500	1.2290	1.2300	1.2339	1.2369	1.2408	1.2824	1.3276	1.3846
520	1.2255	1.2260	1.2299	1.2329	1.2358	1.2710	1.3108	1.3550
540	1.2221	1.2230	1.2259	1.2289	1.2319	1.2615	1.2958	1.3335
560	1.2190	1.2200	1.2220	1.2249	1.2270	1.2522	1.2850	1.3163
580	1.2160	1.2170	1.2190	1.2209	1.2229	1.2475	1.2743	1.3017
600	1.2132	1.2140	1.2160	1.2179	1.2199	1.2416	1.2643	1.2897
620	1.2106	1.2110	1.2130	1.2149	1.2169	1.2357	1.2572	1.2792
640	1.2082	1.2090	1.2100	1.2119	1.2140	1.2310	1.2494	1.2691
660	1.2059	1.2060	1.2080	1.2100	1.2110	1.2252	1.2444	1.2601
680	1.2037	1.2040	1.2060	1.2070	1.2079	1.2234	1.2377	1.2522
700	1.2016	1.2020	1.2030	1.2059	1.2062	1.2139	1.2353	1.2458
720	1.1997	1.2000	1.2010	1.2029	1.2040	1.2137	1.2284	1.2403
740	1.1979	1.1980	1.1990	1.2009	1.2020	1.2107	1.2244	1.2345
760	1.1961	1.1960	1.1970	1.1989	1.2000	1.2077	1.2204	1.2296
780	1.1945	1.1950	1.1960	1.1970	1.1980	1.2078	1.2168	1.2256
800	1.1929	1.1930	1.1940	1.1950	1.1959	1.2049	1.2137	1.2217
900	1.1861	1.1860	1.1870	1.1880	1.1880	1.1934	1.2018	1.2056
1000	1.1808	1.1810	1.1820	1.1820	1.1829	1.1892	1.1909	1.1961
1100	1.1766	1.1770	1.1770	1.1780	1.1781	1.1798	1.1858	1.1877
1200	1.1732	1.1730	1.1740	1.1740	1.1739	1.1776	1.1800	1.1828
1300	1.1703	1.1700	1.1710	1.1710	1.1709	1.1746	1.1761	1.1778
1400	1.1680	1.1680	1.1680	1.1690	1.1691	1.1688	1.1737	1.1739
1500	1.1661	1.1660	1.1660	1.1670	1.1671	1.1668	1.1708	1.1718

表 2.8.40　常压时液态二氧化碳的比热容　　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30
c_p	80.22	83.02	85.66	88.05	92.40	101.1	115.5	119.1	124.6

2.8.8　二 氧 化 硫

表 2.8.41　常压下气态二氧化硫的比热容

(1) 温度单位为摄氏度

温度/℃	定压比热容 比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_p'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	定容比热容 比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_v'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.607	38.854	1.733	0.477	30.522	1.361
100	0.662	42.412	1.892	0.532	34.081	1.520
200	0.712	45.552	2.031	0.582	37.221	1.662
300	0.754	48.232	2.152	0.624	39.900	1.779
400	0.783	50.242	2.240	0.653	41.910	1.871

续表

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_p'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_v'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
500	0.808	51.707	2.307	0.678	43.375	1.934
600	0.825	52.879	2.357	0.695	44.548	1.989
700	0.837	53.759	2.399	0.708	45.127	2.026
800	0.850	54.428	2.428	0.720	46.097	2.056
900	0.858	55.015	2.453	0.729	46.683	2.081
1000	0.867	55.433	2.474	0.737	47.102	2.102
1100	0.871	55.768	2.487	0.741	47.436	2.114
1200	0.875	56.061	2.500	0.745	47.730	2.131
1300	0.879	56.354				
1400	0.883	56.564				
1500	0.888	56.773	2.533			
1600	0.888	56.899				
1700	0.892	57.024				
1800	0.892	57.150				
1900	0.892	57.234				
2000	0.896	57.317	2.554			
2100	0.896	57.359				
2200	0.896	57.443				
2300	0.896	57.485				
2400	0.896	57.527				
2500	0.900	57.610	2.571			
3000	0.900	57.736	2.579			

（2）温度单位为热力学温度　　单位：J/(mol·K)

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	35.37	37.71	39.84	41.79	43.54	45.18	46.60	47.90	49.07	50.07	51.00	51.79	52.50	53.09	53.63	54.09	54.51

表 2.8.42　常压下二氧化硫的平均比热容（0～t℃）

温度/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_p'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_v'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.607	38.854	1.733	0.477	30.522	1.361
100	0.636	40.654	1.813	0.507	32.322	1.440
200	0.662	42.329	1.188	0.532	33.997	1.516
300	0.687	43.878	1.955	0.557	35.546	1.587
100	0.708	45.217	2.018	0.578	36.886	1.645
500	0.724	46.390	2.068	0.595	38.058	1.700
600	0.737	47.353	2.114	0.607	39.021	1.742
700	0.754	48.232	2.152	0.624	39.900	1.779
800	0.762	48.944	2.181	0.632	40.612	1.813
900	0.775	49.614	2.215	0.645	41.282	1.842
1000	0.783	50.158	2.236	0.653	41.826	1.867
1100	0.791	50.660	2.261	0.662	42.329	1.888
1200	0.795	51.079	2.278	0.666	42.747	1.905
1300		51.623				
1400		51.958				
1500		52.251				
1600		52.544				
1700		5Z.796				
1800		53.047				
1900		53.214				
2000		53.465				
2100		53.633				
2200		53.800				
2300		53.968				
2400		54.135				
2500		54.261				
3000		54.847				

表 2.8.43 理想二氧化硫气体的比热容 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
c_p	0.4706	0.5242	0.5801	0.6352	0.6866	0.7323	0.7710	0.8020	0.8254	0.8419	0.8528	0.8602	0.8669

表 2.8.44 压强为 530kPa 时的比热容 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	−35	−30	−25	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15	20
c_p	1.304	1.306	1.306	1.308	1.313	1.315	1.323	1.327	1.336	1.344	1.357	1.369
温度/℃	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	120	150
c_p	1.382	1.398	1.415	1.432	1.474	1.520	1.570	1.627	1.689	1.758	1.913	2.186

表 2.8.45 常压时液态二氧化硫的比热容 单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20
c_p	86.25	86.16	86.21	86.29	86.54	86.83	87.25	87.76	88.43	89.18

温度/℃	30	40	50	60	70	80	90	100	110
c_p	90.14	91.27	92.65	94.29	96.38	98.98	102.4	107.0	113.6

2.8.9 硫 化 氢

表 2.8.46 气态硫化氢的比热容

(1) 温度为热力学温度，摩尔比热容 单位：J/(mol·K)

温度/K	150	200	250	300	350	400	450	500	550
c_p	32.67	33.11	33.64	34.24	34.92	35.65	36.44	37.27	38.13
温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	39.02	39.92	40.83	41.73	42.62	43.50	44.34	45.18	45.93

(2) 温度为摄氏度，摩尔比热容 单位：J/(mol·℃)

温度/℃	0	50	100	200	300	400	500	600	700
c_p	33.73	34.43	35.13	36.51	37.90	39.27	40.69	42.08	43.46

(3) 温度为摄氏度，质量比热容 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800
c_p	0.992	1.026	1.068	1.122	1.172	1.227	1.273	1.319	1.361
温度/℃	900	1000	1100	1200	1500	2000	2500	3000	
c_p	1.398	1.432	1.461	1.482	1.587	1.595	1.679	1.704	

表 2.8.47 常压下气态硫化氢的比热容

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.992	33.787	1.507	0.745	25.456	1.135
100	1.026	34.91S	1.557	0.779	26.586	1.185
200	1.068	36.425	1.624	0.725	28.093	1.252
300	1.122	38.184	1.704	0.875	29.852	1.331
400	1.172	39.984	1.784	0.929	31.652	1.411
500	1.227	41.712	1.863	0.980	33.441	1.491
600	1.273	43.417	1.938	1.030	35.085	1.566
700	1.319	45.008	2.010	1.076	36.676	1.637
800	1.361	46.390	2.068	1.118	38.058	1.700
900	1.398	47.646	2.127	1.158	39.314	1.754
1000	1.432	48.776	2.177	1.185	40.444	1.805
1100	1.461	49.739	2.219	1.214	41.407	1.846
1200	1.482	50.577	2.223	1.239	42.245	1.884

表 2.8.48　常压下气态硫化氢的平均比热容（0～t℃）

温度/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p (标准状态) /[kJ/(m^3·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v (标准状态) /[kJ/(m^3·℃)]
0	0.992	33.787	1.507	0.745	25.456	1.135
100	1.009	34.332	1.532	0.769	26.000	1.160
200	1.026	35.002	1.562	0.783	26.670	1.185
300	1.051	35.755	1.595	0.804	27.424	1.223
400	1.080	36.593	1.633	0.829	28.261	1.260
600	1.097	37.430	1.671	0.854	29.098	1.298
600	1.122	38.309	1.708	0.879	29.977	1.336
700	1.147	39.147	1.746	0.904	30.908	1.373
600	1.172	39.984	1.784	0.929	31.652	1.411
900	1.193	40.738	1.817	0.950	32.406	1.444
1000	1.218	41.491	1.851	0.971	33.159	1.478
1100	1.239	42.203	1.884	0.992	33.871	1.511
1200	1.256	42.831	1.909	1.013	34.499	1.541

表 2.8.49　理想硫化氢气体的比热容　　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
c_p	0.9929	0.9967	0.9855	1.0130	1.0536	1.1026	1.1557	1.2099	1.2624	1.3117	1.3566	1.3970	1.4333

表 2.8.50　液态硫化氢的比热容　　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60
c_p	66.65	66.44	66.44	66.61	66.95	67.45	68.20	69.17	70.42	71.97	73.98	76.58	80.05	84.87	92.07

2.8.10　氯　化　氢

表 2.8.51　液态氯化氢的比热容　　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−110	−100	−90	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0
c_p	58.15	59.03	60.83	62.43	64.27	65.23	66.19	67.32	68.91	71.01	73.90	77.96

表 2.8.52　气态氯化氢的比热容

(1) 温度单位为摄氏度　　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	25	300	400	500	600	700	800	900
c_p	29.18	29.51	29.87	30.34	30.87	31.42	31.95	32.45
温度/℃	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
c_p	32.90	33.31	33.67	34.00	34.30	34.59	34.85	35.05

(2) 温度单位为热力学温度　　　单位：J/(mol·K)

温度/K	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
c_p	29.96	29.69	29.48	29.32	29.21	29.15	29.13	29.16	29.22	29.32
温度/K	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	29.45	29.61	29.81	30.02	30.25	30.51	30.78	31.06	31.35	31.65

2.8.11 一 氧 化 氮

表 2.8.53 一氧化氮的常压比热容

（1）温度单位为摄氏度

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.9990	29.977	1.3373	0.7218	21.663	0.9663
100	0.9969	29.919	1.3348	0.7197	21.604	0.9638
200	1.0107	30.333	1.3532	0.7335	22.019	0.9822
300	1.0350	31.058	1.3854	0.7578	22.743	1.0145
400	1.0609	31.852	1.4202	0.7838	23.517	1.0492
500	1.0861	32.590	1.4541	0.8089	24.275	1.0831
600	1.1687	33.268	1.4842	0.8315	24.953	1.1133
700	1.1283	33.859	1.5106	0.8512	25.544	1.1396
800	1.1455	34.369	1.5332	0.8683	26.054	1.1623
900	1.1597	34.796	1.5525	0.8828	26.482	1.1815
1000	1.1719	35.165	1.5688	0.8947	28.850	1.1978
1100	1.1824	35.475	1.5826	0.9064	27.202	1.2138
1200	1.1911	35.743	1.5984	0.9140	27.428	1.2238
1300	1.1991	35.981	1.6052	0.9219	27.666	1.2343
1400	1.2062	36.191	1.6144	0.9291	27.876	1.2435
1500	1.2121	36.371	1.6228	0.9349	28.056	1.2519
1600	1.2171	36.526	1.6295	0.9399	28.211	1.2586
1700	1.2217	36.664	1.6358	0.9445	28.349	1.2648
1800	1.2259	36.794	1.6416	0.9491	28.479	1.2707
1900	1.2301	36.911	1.6467	0.9529	28.596	1.2757
2000	1.2338	37.024	1.6517	0.9567	28.709	1.2807
2100	1.2368	37.116	1.6559	0.9596	28.801	1.2849
2200	1.2393	37.196	1.6592	0.9625	28.881	1.2883
2300	1.2422	37.275	1.6630	0.9651	28.960	1.2920
2400	1.2447	37.350	1.6663	0.9676	29.035	1.2954
2500	1.2468	37.422	1.6697	0.9701	29.107	1.2983
2600	1.2493	37.493	1.6726	0.9722	29.178	1.3017
2700	1.2514	37.560	1.6756	0.9726	29.245	1.3046
2800	1.2535	37.623	1.6785	0.9768	29.308	1.3075
2900	1.2556	37.685	1.6814	0.9789	29.370	1.3105
3000	1.2577	37.744	1.6839	0.9805	29.429	1.3130

（2）温度单位为热力学温度　　　　单位：J/(mol·K)

温度/K	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
c_p	29.32	29.35	29.41	29.51	29.66	29.83	30.03	30.26	30.51	30.79
温度/K	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	31.08	31.39	31.70	32.03	32.36	32.69	33.02	33.34	33.66	33.97

表 2.8.54　一氧化氮的平均常压比热容（0～t℃）

温度/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_p'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_v'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.999	29.977	1.337	0.722	21.663	0.966
100	0.996	29.906	1.334	0.719	21.591	0.963
200	1.000	29.998	1.339	0.723	21.683	0.967
300	1.007	30.229	1.349	0.730	21.914	0.978
400	1.017	30.530	1.362	0.740	22.215	0.991
600	1.029	30.869	1.377	0.752	22.554	1.006
600	1.040	31.213	1.393	0.763	22.898	1.022
700	1.051	31.552	1.408	0.774	23.237	1.037
600	1.062	31.874	1.422	0.785	23.559	1.051
900	1.072	32.171	1.435	0.795	23.856	1.064
1000	1.081	32.456	1.448	0.804	24.141	1.077
1100	1.090	32.716	1.460	0.813	24.401	1.089
1200	1.098	32.958	1.470	0.821	24.644	1.099
1300	1.106	33.180	1.480	0.829	24.865	1.110
1400	1.113	33.390	1.490	0.836	25.075	1.119
1500	1.119	33.582	1.498	0.849.	25.267	1.127
1600	1.125	33.767	1.506	0.848	25.452	1.135
1700	1.131	33.934	1.514	0.854	25.619	1.143
1800	1.136	34.089	1.521	0.859	25.774	1.150
1900	1.141	34.231	1.527	0.864	25.916	1.156
2000	1.146	34.369	1.533	0.868	26.054	1.162
2100	1.150	34.499	1.539	0.873	26.184	1.168
2200	1.154	34.621	1.545	0.877	26.306	1.174
2300	1.158	34.734	1.550	0.880	26.419	1.179
2400	1.161	34.838	1.554	0.834	26.523	1.183
2500	1.164	34.943	1.559	0.887	26.628	1.188
2600	1.168	35.039	1.563	0.891	26.724	1.192
2700	1.171	35.131	1.567	0.893	26.816	1.196
2800	1.174	35.219	1.571	0.896	26.904	1.200
2900	1.176	35.303	1.575	0.899	26.988	1.204
3000	1.179	35.383	1.578	0.902	27.068	1.207

2.8.12　一氧化二氮

表 2.8.55　一氧化二氮的常压比热容

（1）温度单位为摄氏度

温度/℃	定压比热容			定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_p'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c_v'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.8508	37.451	1.6710	0.6619	29.136	1.3000
100	0.9500	41.809	1.8652	0.7607	33.494	1.4943
200	1.0283	45.263	2.0193	0.8395	36.949	1.6483
300	1.0932	48.119	2.1466	0.9043	39.804	1.7756
400	1.1412	50.501	2.2529	0.9584	42.186	1.8820
500	1.1928	52.511	2.3425	1.0040	44.196	1.9716
600	1.2313	54.202	2.4183	1.0425	45.887	2.0473
700	1.2632	55.609	2.4811	1.0743	47.294	2.1101
800	1.2912	56.827	2.5351	1.1020	48.512	2.1642
900	1.3151	57.878	2.5820	1.1288	49.563	2.2110
1000	1.3352	58.774	2.6222	1.1463	50.459	2.2512
1100	1.3532	59.561	2.6574	1.1677	51.216	2.2864
1500	1.3624	59.829	2.6502	—	—	—
2000	1.3737					
2500	1.3879					
3000	1.3942					

（2）温度单位为热力学温度　　单位：kJ/(kJ·K)

温度/K	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
c_p	25.12	28.34	31.3	34.02	36.50	38.76	40.81	42.66	44.34	45.89
温度/K	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	47.23	48.44	49.57	50.53	51.46	52.25	53.00	53.67	54.34	54.97

表 2.8.56　一氧化二氮的平均常压比热容（0～t℃）

温度/℃	平均定压比热容			平均定容比热容		
	比热容 c_p /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mp} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_p（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	比热容 c_v /[kJ/(kg·℃)]	摩尔比热容 c_{mv} /[kJ/(kmol·℃)]	容积比热容 c'_v（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.851	37.451	1.671	0.662	29.136	1.300
100	0.886	39.712	1.772	0.718	31.397	1.401
200	0.947	41.675	1.859	0.758	33.360	1.488
300	0.985	43.371	1.985	0.796	35.056	1.564
400	1.019	44.869	2.001	0.830	36.547	1.630
600	1.049	46.185	2.060	0.860	37.870	1.689
600	1.077	47.390	2.114	0.888	39.075	1.743
700	1.101	48.476	2.162	0.912	40.160	1.792
600	1.124	49.454	2.206	0.934	41.139	1.835
900	1.148	50.334	2.245	0.955	42.019	1.874
1000	1.162	51.133	2.281	0.978	42.818	1.910
1100	1.178	51.866	2.314	0.989	43.551	1.943

表 2.8.57　液态一氧化二氮的比热容　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0
c_p	77.12	78.38	79.93	81.89	84.45	87.84	92.65	100.1

2.8.13　碘　化　氢

表 2.8.58　气态碘化氢的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	29.19	29.22	29.34	29.52	29.76	30.04	30.37	30.72	31.09	31.46	31.83	32.19	32.52	32.82	33.07

表 2.8.59　液态碘化氢的比热容　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30
c_p	57.69	57.48	57.36	57.40	57.53	57.82	58.24	58.78	59.49

温度/℃	40	50	60	70	80	90	100	110
c_p	60.37	61.55	62.97	64.77	67.16	70.30	74.73	81.31

2.8.14　氟　化　氢

表 2.8.60　气态氟化氢的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
c_p	29.09	29.11	29.12	29.13	29.14	29.14	29.15	29.16	29.17	29.19
温度/K	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	29.23	29.27	29.32	29.39	29.47	29.57	29.69	29.84	30.00	30.19

表 2.8.61　液态氟化氢的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0
c_p	46.05	46.14	48.57	50.24	51.08	51.92	54.43	56.94	58.62

2.8.15　溴　化　氢

表 2.8.62　气态溴化氢的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	27.91	27.48	27.05	26.62	26.19	25.76	25.33	24.90	24.47	24.04	23.61	23.17	22.75	22.32	21.88

表 2.8.63　液态溴化氢的比热容　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50
c_p	63.01	63.22	63.47	63.85	64.31	64.94	65.73	65.74	68.04	69.67	71.89	74.94	79.26	85.87

2.8.16　氧 硫 化 碳

表 2.8.64　气态氧硫化碳的比热容

（1）质量比热容　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600
c_p	0.670	0.745	0.800	0.842	0.875	0.896	0.917

温度/℃	700	800	900	1000	1100	1200
c_p	0.934	0.900	0.959	0.971	0.980	0.984

（2）摩尔比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	150	200	250	300	350	400	450	500	550
c_p	34.05	36.92	39.53	41.87	43.96	45.85	47.52	49.03	50.33
温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	51.50	52.54	53.42	54.34	55.10	55.81	56.48	57.11	57.78

表 2.8.65　常压氧硫化碳的平均定容比热容（0～t℃）　单位：kJ/(m³·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
c_{vm}	1.424	1.526	1.616	1.687	1.750	1.800	1.842	1.88	1.913	1.943	1.972	1.997	2.018

表 2.8.66　液态氧硫化碳的比热容　　单位：J/(mol·℃)

温度/℃	−130	−120	−110	−100	−90	−80	−70	−60	−50
c_p	71.85	71.05	70.55	70.21	70.05	70.13	70.34	70.72	71.30
温度/℃	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40
c_p	72.01	72.93	74.02	75.32	76.87	78.71	80.97	83.78	87.34

2.8.17 乙 硼 烷

表 2.8.67 气态乙硼烷的比热容 单位：J/(mol・K)

温度/K	压强/kPa							
	10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
160	38.255							
170	39.071							
180	40.009							
190	41.039	43.709						
200	42.171	44.340						
210	43.385	45.157	52.831					
220	44.675	46.137	52.169					
230	46.024	47.247	52.086	58.827				
240	47.431	48.455	52.396	57.555	64.929			
250	48.888	49.747	53.001	57.068	62.450			
260	50.383	51.114	53.820	57.106	61.223			
270	51.907	52.531	54.813	57.500	60.745			
273.16	52.389	52.988	55.154	57.681	60.714			
280	53.456	53.989	55.925	58.157	60.785			
290	55.018	55.481	57.136	59.019	61.185			
298.16	56.308	56.717	58.186	59.831	61.693	157.056		
300	56.601	57.002	58.430	60.025	61.834	141.025		
320	59.779	60.080	61.176	62.167	63.633	93.609		
340	62.957	63.196	64.047	64.959	65.947	83.012		
360	66.109	66.308	66.989	67.711	68.479	80.056	102.61	119.04
380	69.237	69.394	69.952	70.534	71.155	79.679	93.467	107.32
400	72.310	72.438	72.909	73.400	73.908	80.472	89.965	100.01
420	75.320	75.444	75.837	76.250	76.683	81.965	88.949	96.369
440	78.280	78.380	78.727	79.086	79.457	83.814	89.245	94.929
460	81.169	81.260	81.562	81.876	82.202	85.895	90.263	94.773
480	84.000	84.082	84.351	84.632	84.909	88.068	91.734	95.401
500	86.759	86.833	87.073	87.329	87.582	90.341	93.445	96.523
520	89.455	89.521	89.744	89.963	90.194	92.681	95.316	97.958
540	92.076	92.142	92.341	92.547	92.758	94.965	97.296	99.589
560	94.638	94.696	94.878	95.068	95.262	97.256	99.325	101.35
580	97.125	97.183	97.357	97.530	97.704	99.524	101.38	103.18
600	99.558	99.608	99.740	99.924	100.09	101.69	103.45	105.05
650	105.33	105.37	105.51	105.64	105.78	107.17	108.48	109.77
700	110.71	110.75	110.86	110.98	111.09	112.24	113.36	114.41
750	115.69	115.72	115.82	115.93	116.03	116.99	117.97	118.84
800	120.31	120.33	120.42	120.51	120.59	121.46	122.26	123.03
850	124.56	124.58	124.66	124.74	124.81	125.56	126.29	126.95
900	128.48	128.50	128.58	128.64	128.72	129.40	130.01	130.60
950	132.10	132.11	132.18	132.23	132.30	132.93	133.45	133.98
1000	135.42	135.43	135.49	135.55	135.60	136.14	136.64	137.12
1100	141.28	141.30	141.35	141.39	141.44	141.90	142.29	142.68
1200	146.25	146.27	146.30	146.34	146.38	146.74	147.10	147.43
1300	150.46	150.47	150.51	150.54	150.57	150.89	151.19	151.47
1400	154.04	154.06	154.09	154.12	154.14	154.40	154.68	154.92
1500	157.11	157.12	157.15	157.17	157.20	157.44	157.66	157.88

表 2.8.68　液态乙硼烷的定压比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
c_p	76.08	76.11	76.62	77.00	77.38	80.39	85.88	92.47	101.5	157.8

2.8.18　其他气体的比热容

表 2.8.69　氯和氟的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	15	50	100	150	200	250	298.2	400	500
Cl_2	0.050	0.410	0.595	0.720	0.938	0.921	0.477	0.498	0.507
F_2	0.193	0.544	0.766	0.773	0.779	0.792	0.825	0.867	0.900
温度/K	600	700	800	1000	1200	1500	2000	2500	3000
Cl_2	0.515	0.519	0.523	0.528	0.532	0.536	0.544	0.548	0.553
F_2	0.925	0.971	0.955	0.976	0.988	1.005	1.022	1.043	1.059

表 2.8.70　氦的比热容比　　单位：kJ/(kg·K)

温　度	压　　强/MPa										
/K	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
10	0	1.23	1.31	1.21	1.10	1.01	0.93	0.88	0.85	0.84	0.84
12	0	1.14	1.26	1.31	1.25	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.90
14	0	1.12	1.22	1.29	1.30	1.26	1.20	1.13	1.07	1.03	0.99
16	0	1.10	1.18	1.25	1.29	1.28	1.24	1.19	1.14	1.10	1.08
18	0	1.06	1.12	1.17	1.20	1.22	1.23	1.22	1.20	1.16	1.13
20	0	1.03	1.07	1.10	1.12	1.15	1.18	1.20	1.21	1.21	1.21

表 2.8.71　液氖的定压比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	26	27	28	29	30	31	32	33	34	36	38	40	42
c_p	1.805	1.851	1.885	1.904	1.959	2.077	2.249	2.430	2.561	2.528	2.309	2.609	2.833

表 2.8.72　氟化硼的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	20	40	60	80	100	150	300	400	500	600	800	1000
c_p	12.13	29.29	40.46	47.20	53.39	103.0	50.55	57.57	62.99	67.11	72.60	75.82

注：粗线后面为气体。

表 2.8.73　六氟化硫的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	100	120	140	160	180	200	222.5	230
c_p	58.364	64.477	71.427	79.340	89.723	104.17	熔点	119.58

表 2.8.74　三氯化硼的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	300	400	500	600	800	1000
c_p	62.65	68.72	72.61	75.24	78.30	79.89

表 2.8.75　二硫化碳的比热容　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600
c_p	0.585	0.641	0.678	0.708	0.729	0.745	0.758
温度/℃	700	800	900	1000	1100	1200	
c_p	0.766	0.775	0.783	0.787	0.791	0.795	

表 2.8.76　烟道气的定压比热容　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
c_p	1.043	1.068	1.097	1.122	1.151	1.185	1.214	1.239	1.264	1.290	1.306	1.323	1.340

2.9 热导率和热扩散系数

2.9.1 空 气

表 2.9.1 常压下空气的热导率和热扩散系数

温度/℃	热扩散系数 α/($\times10^{-6}m^2/s$)	热导率 λ/[mW/(m·℃)]	温度/℃	热扩散系数 α/($\times10^{-6}m^2/s$)	热导率 λ/[mW/(m·℃)]	温度/℃	热扩散系数 α/($\times10^{-6}m^2/s$)	热导率 λ/[mW/(m·℃)]
−200		9.00	40	24.5	27.56	250	61.6	42.68
−150		12.66	50	26.0	28.26	300	72.3	46.05
−100		16.27	60	27.4	28.96	350	83.5	49.08
−50	13.2	20.35	70	29.0	29.66	400	95.1	52.10
−40	14.3	21.17	80	30.5	30.47	500	119	57.45
−30	15.5	21.98	90	32.1	31.28	600	143	62.22
−20	16.6	22.79	100	33.7	32.10	700	166	67.11
−10	17.9	23.60	120	37.0	33.38	800	190	71.76
0	19.1	24.42	140	40.5	34.89	900	214	76.30
10	20.5	25.12	160	44.0	36.40	1000	237	80.71
20	21.8	25.93	180	47.7	37.80	1100		85.02
30	23.1	26.75	200	51.6	39.31	1200		91.53

表 2.9.2 常压下干空气的热导率和热扩散系数

项 目	温 度/℃								
	−180	−150	−100	−50	−20	0	10	20	30
α/(μm^2/s)	1.94	4.03	8.00	13.1	16.8	19.2	20.7	22.0	23.4
λ/[W/(m·℃)]	0.0676	0.0116	0.0163	0.0193	0.0226	0.0237	0.0244	0.0251	0.0258
项 目	温 度/℃								
	40	50	60	70	80	90	100	120	140
α/(μm^2/s)	24.8	26.2	27.6	29.2	30.6	32.2	33.6	37.0	40.0
λ/[W/(m·℃)]	0.0263	0.0272	0.0279	0.0286	0.0293	0.030	0.0307	0.032	0.0333
项 目	温 度/℃								
	150	160	180	200	250	300	350	400	500
α/(μm^2/s)	41.2	43.3	47.0	49.7	60.0	68.9	80.0	89.4	113.2
λ/[W/(m·℃)]	0.0338	0.0344	0.0357	0.037	0.040	0.0429	0.0457	0.0485	0.054
项 目	温 度/℃								
	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600
α/(μm^2/s)	133.6	162	182	216	240	277	301	370	447
λ/[W/(m·℃)]	0.0581	0..0599	0.0669	0.0673	0.0762	0.0826	0.0845	0.093	0.1012

表 2.9.3 空气在不同温度和压力下的热导率 单位：$\times10^{-2}$ W/(m·K)

温度/K	压 力/atm				
	3	10	20	30	40
300	2.554	2.554	2.638	2.638	2.638
400	3.224	3.224	3.268	3.266	3.266
500	3.852	3.852	3.852	3.852	3.852
600	4.48	4.48	4.438	4.438	4.438
700	5.066	5.066	5.066	5.066	5.066
800	5.652	5.652	5.652	5.652	5.652
900	6.238	6.238	6.196	6.196	6.196
1000	6.783	6.783	6.783	6.783	6.783
1100	7.327	7.327	7.327	7.327	7.327
1200	7.829	7.829	7.871	7.871	7.871

续表

温度 /K	压　　力/atm				
	3	10	20	30	40
1300	8.374	8.374	8.374	8.374	8.374
1400	8.918	8.918	8.918	8.918	8.918
1500	9.462	9.462	9.462	9.462	9.462
1600	10.006	10.006	10.006	10.006	10.006
1700	10.551	10.551	10.551	10.551	10.551
1800	11.137	11.137	11.137	11.137	11.137
1900	11.723	11.723	11.723	11.723	11.681
2000	12.398	12.305	12.309	12.309	12.309
2100	13.107	12.979	12.937	12.937	12.895
2200	13.944	13.689	13.607	13.565	13.565
2300	14.91	14.491	14.361	14.277	14.235
2400	16.073	15.363	15.156	15.031	14.989
2500	17.503	16.456	16.077	15.910	15.784
2600			17.124	16.873	16.705
2700			18.380	18.008	17.762
2800			19.804	19.259	18.924

注：1atm＝101325Pa。

2.9.2　氧　　气

表 2.9.4　常压下氧气的热导率和热扩散系数

（1）温度单位为摄氏度

温　　度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
热导率 λ/[mW/(m·℃)]	24.41	32.54	40.68	47.65	54.62	61.60	67.41	73.22	77.87	81.36	86.00
热扩散系数 α/(m^2/h)	0.068	0.121	0.156	0.254	0.333	0.420	0.508	0.600	0.700	0.797	0.900

（2）温度单位为热力学温度　　单位：mW/(m·K)

温度/K	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
λ	9.037	13.77	18.24	22.55	26.74	30.54	34.18	37.70	41.21	44.70

温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	48.12	51.46	54.39	57.32	60.25	63.18	66.11	69.04	71.55

表 2.9.5　氧气和液氧的热导率　　单位：W/(m·℃)

温　度 /℃	压　　强/MPa			
	0.1	2.0	6.0	10
－200	0.1714	0.1720	0.1732	0.1744
－180	0.0084	0.1497	0.1476	0.1488
－160	0.0102	0.1197	0.1226	0.1261
－140	0.0121	0.0154	0.0971	0.1012
－120	0.0139	0.0164	0.0616	0.0709
－100	0.0158	0.0176	0.0274	0.0474
－80	0.0177	0.0191	0.0249	0.0355
－60	0.0194	0.0207	0.0250	0.0320
－40	0.0212	0.0225	0.0258	0.0310
－20	0.0228	0.0238	0.0267	0.0312
0	0.0245	0.0255	0.0281	0.0317
20	0.0260	0.0270	0.0294	0.0326
40	0.0277	0.0286	0.0309	0.0336

注：横线上方是液体，下方是气体。

表 2.9.6 氧气的热扩散系数 单位：$\times10^{-4}\,m^2/s$

温度/K	150	200	250	300	350	400	450	500	550
α	0.05688	0.10214	0.15794	0.22353	0.2968	0.3768	0.4609	0.5502	0.6441

2.9.3 氢 和 氘

表 2.9.7 气态氢和氘的热导率

（1）常压 单位：mW/（m·℃）

项目	温度/℃						
	−150	−100	−50	0	20	40	60
氢	92.11	116.39	146.54	175.43	186.31	196.55	208.18
氘							0.0372
项目	80	100	120	140	160	180	200
氢	218.64	229.11	239.58	250.05	259.35	267.49	275.63
氘		0.0616					0.1011
项目	220	240	260	280	300	400	500
氢	282.61	288.42	299.11	294.24	309.40	341.92	383.79
氘					0.1313		
项目	600	700	800	900	1000	1100	1200
氢	425.66	467.53	509.39	6551.26	593.13	635.00	676.87

（2）高压

温度/℃	压强/MPa				
	10	20	30	40	50
15	0.183.6	0.190.6	0.194.1	0.196.4	0.197.6
100	0.222.0	0.226.6	0.229.0	0.230.1	0.231.3
200	0.265.0	0.268.5	0.269.6	0.270.8	0.272.0
300	0.308.0	0.309.2	0.310.3	0.310.3	0.311.5

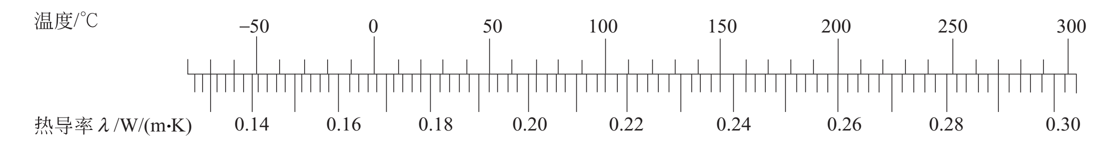


图 2.15 气态氢的热导率

表 2.9.8 液态氢和氘的热导率 单位：W/（m·K）

项目	温度/K							
	16	18	20	22	24	26	28	30
H_2	0.1085	0.1132	0.1177	0.1224	0.1270	0.1317	0.1363	0.1410
D_2			0.1260	0.1302	0.1342	0.1383	0.1425	0.1467

表 2.9.9 氢的热扩散系数 单位：$\times10^{-4}\,m^2/s$

温度/K	150	200	250	300	350	400	450
α	0.475	0.772	1.130	1.554	2.031	2.568	3.164

温度/K	500	550	600	700	800	900
α	3.817	4.516	5.308	6.903	8.563	10.217

2.9.4 氮　　气

表 2.9.10　气态氮的热导率

（1）温度单位为摄氏度　　　单位：mW/(m·℃)

温度	压　　强/MPa									温度	压强/MPa
/℃	0.1013	10	20	30	40	50	60	70	80	/℃	0.1013
0	24.41									400	51.14
15	25.10	28.36	36.77	43.76	47.45	54.29				500	55.79
50	27.08	33.04	40.98	48.53	55.64	62.85	69.51	75.09	80.74	600	60.44
75	29.40	34.07	40.94	47.68	54.31	60.81	66.92	72.55	77.84	700	63.92
100	30.80	31.91	38.22	44.18	47.30	53.79	589.65	63.90	68.56	800	67.41
200	36.84	37.55	41.34	45.75	48.31	53.89	56.75	60.48	64.20	900	69.73
300	43.12	43.35	46.06	49.61	51.77	56.56	58.50	61.52	64.55	1000	72.06

注：温度为－180℃、－150℃、－100℃、－50℃时，其值分别为8.79mW/(m·K)、12.14W/(m·K)、16.33W/(m·K)、20.52W/(m·K)。

（2）温度单位为热力学温度　　　单位：mW/(m·K)

温度/K	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
λ	9.414	13.85	18.24	22.22	25.98	29.37	32.51	35.65	38.62	41.38

温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	43.93	46.86	49.37	51.88	53.97	56.48	58.58	61.09	63.18

表 2.9.11　氮的热导率

（1）气态　　　单位：mW/(m·℃)

温度/℃	－50	0	20	40	60	80	100	200	300
λ	17.21	18.61	24.42	25.59	27.91	30.24	32.56	46.52	58.15

（2）液态　　　单位：mW/(m·K)

温度/℃	－200	－190	－180	－170	－160	－150
λ	145.2	126.8	108.8	91.63	74.48	56.48

2.9.5 氨　　气

表 2.9.12　气态氨的热导率

（1）温度单位为热力学温度　　　单位：mW/(m·K)

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
λ	12.13	18.03	24.98	32.93	41.76	51.46	62.34	73.64	86.19

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	99.58	113.4	128.4	143.9	160.7	177.8	195.8	214.6

（2）温度单位为摄氏度　　　单位：mW/(m·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600
λ	21.04	33.94	48.81	65.78	83.91	104.4	124.4

表 2.9.13　液态氨的热导率

（1）常压下　　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	－30	－20	－10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
λ	0.569	0.569	0.558	0.546	0.517	0.500	0.460	0.439	0.417	0.396	0.373	0.349	0.329	0.309

（2）压力下　　　　　　　　　　　　　　　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	饱和压强/MPa	压强/MPa									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
20	0.477	0.481	0.483	0.486	0.488	0.491	0.495	0.497	0.499	0.502	0.506
30	0.460	0.465	0.467	0.471	0.474	0.477	0.481	0.483	0.486	0.488	0.490
40	0.442	0.444	0.448	0.452	0.456	0.460	0.464	0.467	0.470	0.472	0.473
50	0.421			0.429	0.434	0.438	0.442	0.446	0.450	0.454	0.457
60	0.401			0.408	0.412	0.416	0.419	0.424	0.429	0433	0.435
70	0.389			0.395	0.399	0.403	0.406	0.409	0.411	0.412	0.415
80	0.353			0.358	0.363	0.369	0.375	0.381	0.385	0.389	0.392
90	0.328			0.332	0.339	0.345	0.350	0.356	0.362	0.368	0.372
100	0.302					0.317	0.325	0.332	0.338	0.344	0.350
110	0.274					0.290	0.300	0.308	0.316	0.321	0.326
120	0.238					0.258	0.275	0.286	0.293	0.298	0.303
130	0.184							0.250	0.264	0.274	0.280
132.4	0.152							0.243	0.256	0267	0.274

表 2.9.14　液态氨的热扩散系数　　　　　单位：$\times 10^{-4}$ m²/h

温度/℃	−30	−20	−10	0	10	20
α	6.71	6.71	6.74	6.68	6.40	6.26

2.9.6 氩　　气

表 2.9.15　常压下气态氩气的热导率　　　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	−150	−100	−50	0	20	100	200	300	400	500	600
λ	0.0078	0.0108	0.0133	0.0165	0.0175	0.0212	0.0256	0.0299	0.339	0.0379	0.0394

表 2.9.16　不同压强下气态氩气的热导率（41℃）　　单位：W/(m·℃)

压强/MPa	0.1	5	10	15	20
λ	0.0187	0.0204	0.0231	0.0258	0.0286

2.9.7 一 氧 化 碳

表 2.9.17　气态一氧化碳的热导率

（1）温度单位为热力学温度　　　　　　　　单位：mW/(m·K)

温度/K	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
λ	8.745	13.18	17.45	21.42	25.19	28.79	32.30	35.48	38.62	41.59

温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	44.35	47.28	49.79	52.30	54.81	57.32	59.41	61.92	64.43

（2）温度单位为摄氏度　　　　　　　　　　单位：mW/(m·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
λ	23.24	30.22	36.03	43.00	48.81	53.46	59.27	65.08	69.73	75.54	80.19

表 2.9.18　液态一氧化碳的热导率

（1）温度单位为热力学温度　　单位：mW/(m·K)

温　度/K	90	100	110	120
λ	118	104	93	81

（2）温度单位为摄氏度　　单位：mW/(m·℃)

温　度/℃	−200	−190	−180	−170	−160	−150
λ	155.2	137.7	119.7	101.7	84.10	66.11

2.9.8　二 氧 化 碳

表 2.9.19　常压下气态二氧化碳的热导率　　单位：mW/(m·K)

温度/K	250	300	350	400	450	500	550	600
λ	13.31	16.65	20.50	24.39	28.33	32.26	36.32	40.29
温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	44.77	48.53	52.30	56.07	58.99	61.92	65.27	68.20

表 2.9.20　常压下液态二氧化碳的热导率　　单位：mW/(m·℃)

温度/℃	−20	−10	0	10	20
λ	129.7	115.6	106.3	94.20	82.42

表 2.9.21　不同压强下二氧化碳的热导率

（1）中、高温（均为气态）　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	压　强/MPa							
	0.1	3	5	7	10	13	15	20
300	0.0379	0.0389	0.0397	0.0409	0.0426	0.0445	0.0461	0.0497
350	0.0416	0.0426	0.0434	0.0445	0.0457	0.0475	0.0488	0.0517
400	0.0456	0.0464	0.0472	0.0481	0.0491	0.0508	0.0519	0.0543
450	0.0494	0.0502	0.0509	0.0516	0.0527	0.0542	0.0552	0.0574
500	0.0533	0.0540	0.0547	0.0553	0.0564	0.0577	0.0585	0.0607
550	0.0572	0.0578	0.0583	0.0588	0.0600	0.0612	0.0620	0.0641
600	0.0610	0.0616	0.0622	0.0627	0.0636	0.0648	0.0655	0.0673
650	0.0649	0.0654	0.0659	0.0665	0.0674	0.0683	0.0690	0.0707
700	0.0688	0.0693	0.0697	0.0702	0.0711	0.0720	0.0726	0.0742
750	0.0725	0.0731	0.0734	0.0739	0.0747	0.0755	0.0761	0.0777
800	0.0765	0.0769	0.0772	0.0776	0.0784	0.0791	0.0797	0.0813
850	0.0804	0.0808	0.0811	0.0815	0.0822	0.0829	0.0835	0.0849
900	0.0841	0.0846	0.0849	0.0853	0.0861	0.0867	0.0872	0.0886
950	0.0880	0.0884	0.0888	0.0892	0.0897	0.0904	0.0908	0.0921
1000	0.0918	0.0923	0.0925	0.0930	0.0935	0.0941	0.0946	0.0957
1050	0.0958	0.0962	0.0964	0.0970	0.0974	0.0979	0.0984	0.0994
1100	0.0995	0.0999	0.1002	0.1006	0.1010	0.1015	0.1020	0.1029
1150	0.1032	0.1037	0.1039	0.1043	0.1047	0.1051	0.1056	0.1066
1200	0.1069	0.1074	0.1076	0.1081	0.1083	0.1087	0.1092	0.1152

（2）低温

单位：mW/(m·℃)

温度/℃	压强/MPa																								
	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10	12	14	16	18	20	25
0	14.56								175.3	127.4	126.4	127.6	128.2	129.1	129.9	130.6	131.5	132.3	133.0	134.5	137.5	140.4	143.2	145.9	148.6	155.3
5	14.96								117.5	117.9	118.6	119.4	120.2	120.9	121.7	122.4	123.3	124.0	124.8	126.3	129.3	132.3	135.1	138.0	140.7	147.3
10	15.32									109.8	111.1	111.6	112.3	113.1	113.9	114.8	115.6	116.4	117.2	118.9	121.9	125.0	127.9	130.8	133.5	140.2
15	15.69											103.7	104.5	105.3	106.2	107.1	107.9	108.8	109.6	111.3	114.5	117.7	120.7	123.6	126.5	133.5
20	16.09	16.33	16.72	17.20	17.73	18.42	19.18	20.08	21.18	22.82	25.21	29.85	96.41	97.40	98.39	99.39	100.4	101.3	102.3	104.1	107.6	110.8	114.0	117.2	120.1	127.0
25	16.48	16.73	17.08	17.53	18.00	18.66	19.34	20.15	21.18	22.49	24.47	27.48	32.31	89.14	90.25	91.41	92.53	93.65	94.70	96.75	100.7	104.4	107.9	111.2	114.3	121.3
30	16.88	17.13	17.46	17.87	18.30	18.85	19.52	20.28	21.19	22.31	23.87	26.15	29.39	34.99						90.92	95.27	99.25	102.7	106.2	109.5	116.7
35	17.26	17.46	17.79	18.16	18.59	19.13	19.72	20.43	21.27	22.25	23.53	25.24	27.52	31.09	36.67					85.97	90.53	94.75	98.43	102.0	105.2	112.4
40	17.66	17.86	18.19	18.56	18.95	19.42	19.95	20.61	21.34	22.22	23.55	24.72	26.38	28.79	32.19	37.64				80.71	85.62	90.08	94.07	97.76	101.2	108.5
45	18.05	18.24	18.57	18.90	19.27	19.74	20.23	20.82	21.51	22.30	23.27	24.47	25.75	28.82	30.25	32.95	38.55	50.72	64.34	72.08	78.61	84.24	88.82	92.97	96.83	104.7
50	18.45	18.62	18.90	19.23	19.60	20.01	20.50	21.06	21.65	22.39	23.26	24.31	25.51	26.93	28.66	31.02	34.07	38.19	41.32	60.07	70.40	78.34	83.40	88.29	92.44	100.4
55	18.85	19.03	19.30	19.59	19.98	20.39	20.80	21.31	21.88	22.55	23.32	24.21	25.26	26.44	27.84	29.66	31.87	34.64	38.13	47.55	63.48	71.50	77.99	83.07	87.51	96.17
60	19.27	19.43	19.72	20.01	20.34	20.75	21.16	21.63	22.12	22.72	23.42	24.19	25.10	26.11	27.27	28.74	30.49	32.71	35.16	41.77	56.51	65.58	72.44	77.89	82.67	91.88
65	19.69	19.87	20.14	20.43	20.73	21.13	21.48	21.92	22.38	22.94	23.56	24.24	25.04	25.89	26.87	28.06	29.50	31.18	33.19	38.33	50.64	60.38	67.22	72.81	77.83	87.56
70	20.10	20.29	20.56	20.83	21.11	21.46	21.81	22.24	22.67	23.18	23.71	24.32	25.01	25.76	26.62	27.65	28.82	30.27	31.91	36.06	46.18	55.89	62.81	68.36	73.08	82.83
75	20.50	20.71	20.98	21.24	21.51	21.86	22.19	22.56	22.97	23.42	23.91	24.46	25.06	25.79	26.57	27.42	28.37	29.56	30.94	34.34	42.86	52.09	59.08	64.57	69.19	78.83
80	20.92	21.13	21.37	21.62	21.91	22.22	22.59	22.94	23.31	23.71	24.16	24.67	25.24	25.85	26.54	27.31	28.15	29.17	30.32	33.09	40.44	49.13	55.94	61.25	65.83	75.61
85	21.34	21.54	21.79	22.04	22.29	22.61	22.94	23.29	23.64	24.03	24.46	24.95	25.44	26.01	26.62	27.31	28.05	28.93	29.92	32.25	38.57	46.35	53.11	58.22	62.80	73.63
90	21.76	21.92	22.21	22.46	22.68	22.99	23.32	23.65	24.00	24.35	24.77	25.21	25.67	26.20	26.77	27.40	28.05	28.83	29.70	31.84	37.50	44.37	50.47	55.59	60.08	69.84
95	22.17	22.34	22.61	22.86	23.10	23.41	23.70	24.03	24.38	24.73	25.10	25.50	25.93	26.40	26.93	27.50	28.11	28.79	29.56	31.46	36.53	42.55	48.41	53.35	57.78	67.38
100	22.59	22.76	23.01	23.32	23.50	23.79	24.10	24.40	24.75	25.09	25.45	25.84	26.25	26.68	27.15	27.68	28.21	28.81	29.49	31.22	35.72	41.05	44.24	51.29	55.65	64.99
110	23.43	23.59	23.82	24.05	24.29	24.58	24.85	25.16	25.47	25.78	26.09	26.43	26.78	27.19	27.62	28.08	28.59	29.12	29.71	31.11	34.73	39.01	43.44	47.97	52.00	61.09
120	24.27	24.45	24.68	24.87	25.09	25.36	25.65	25.92	26.18	26.45	26.76	27.10	27.44	27.76	28.14	28.59	29.05	29.52	30.01	31.16	34.10	37.61	41.32	45.29	49.02	57.82
130	25.10	25.27	25.45	25.68	25.91	26.13	26.38	26.63	26.90	27.16	27.45	27.78	28.09	28.41	28.78	29.15	29.56	29.97	30.41	31.44	33.91	36.81	39.92	43.26	46.63	55.02
140	25.94	26.06	26.27	26.46	26.66	26.89	27.13	27.38	27.63	27.88	28.16	28.45	28.76	29.07	29.41	29.78	30.19	30.58	31.00	31.93	34.04	36.46	39.05	41.86	45.75	53.60
150	26.76	26.88	27.07	27.25	27.46	27.66	27.87	28.09	28.34	28.59	28.87	29.16	29.45	29.78	30.10	30.47	30.86	31.25	31.66	32.52	34.35	36.41	38.75	41.14	44.58	51.79
160	27.59	27.72	27.86	28.05	28.23	28.44	28.64	28.89	29.14	29.38	29.67	29.92	30.20	30.53	30.86	31.21	31.56	31.94	32.34	33.12	34.80	36.64	38.73	40.90	44.04	50.70
170	28.43	28.53	28.68	28.86	29.03	29.23	29.44	29.68	29.93	30.16	30.40	30.69	30.98	31.29	31.59	32.09	30.80	32.10	33.24	33.34	35.37	36.97	38.89	40.96	43.21	49.17
180	29.27	29.37	29.49	29.66	29.82	30.01	30.19	30.44	30.67	30.89	31.15	31.44	31.73	32.04	32.33	32.66	32.95	33.27	33.61	34.30	35.78	37.38	39.14	41.07	43.15	48.68
190	30.08	30.17	30.29	30.43	30.60	30.78	31.01	31.23	31.46	31.69	31.95	32.22	32.51	32.78	33.06	33.39	33.65	33.94	34.25	34.85	36.28	37.81	39.44	41.26	43.25	48.40
200	30.90	31.00	31.09	31.17	31.37	31.56	31.78	31.99	32.22	32.42	32.72	33.00	33.24	33.51	33.80	34.07	34.33	34.63	34.82	35.42	36.84	38.21	39.76	41.45	43.27	48.10
210	31.67	31.75	31.90	32.04	32.21	32.41	32.60	32.80	33.01	33.24	33.44	33.69	33.94	34.15	34.38	34.67	34.94	35.21	35.49	36.11	37.35	38.68	40.12	41.73	43.39	47.82
220	32.47	32.59	32.72	32.88	33.04	33.23	33.42	33.60	33.79	33.99	34.20	34.44	34.65	34.89	35.14	35.39	35.64	35.90	36.19	36.75	37.89	3917	40.23	42.01	43.59	47.53
230	33.26	33.37	33.49	3.63	33.80	33.96	34.13	34.33	34.50	34.70	34.91	35.12	35.32	35.53	35.77	36.02	36.25	36.49	36.74	37.28	38.41	39.61	40.91	42.28	43.74	47.68
240	34.06	34.14	34.28	34.43	34.59	34.76	34.92	35.11	35.29	35.50	35.69	35.89	36.10	36.30	36.53	36.76	36.96	37.20	37.44	37.92	38.96	40.08	41.30	42.66	44.05	47.79
250	34.81	34.89	35.06	35.18	35.35	35.49	35.68	35.84	36.03	36.21	36.42	36.61	36.79	37.01	37.22	37.43	37.63	37.86	38.07	38.51	39.50	40.59	41.73	43.03	44.39	47.88

注：横线下面为气态，上面为液态。

2.9.9　二 氧 化 硫

表 2.9.22　气态二氧化硫的热导率

（1）温度单位为热力学温度　　单位：mW/(m·K)

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
λ	7.071	9.205	11.46	13.77	16.15	18.54	20.96	23.26	25.44

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	27.53	29.58	31.55	33.43	35.27	37.03	38.79	40.50

（2）温度单位为摄氏度　　单位：mW/(m·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
λ	8.368	12.32	16.62	21.15	25.8	30.68	35.8	41.03	46.26	51.84	57.53

表 2.9.23　液态二氧化硫的热导率

（1）p=103.3kPa　　单位：mW/(m·℃)

温度/℃	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20
λ	255.2	249.4	243.1	236.4	230.1	223.8	217.6	211.3	205.0	198.7
温度/℃	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
λ	192.5	186.2	180.3	174.1	167.8	161.1	155.2	149.4	143.1	136.4

（2）p=530kPa　　单位：mW/(m·℃)

温度/℃	−35	−30	−25	−20	−15	−10	−5	0	5	10
λ	233.3	230.1	227.0	223.8	220.7	217.6	214.4	211.3	208.2	205.1
温度/℃	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80
λ	201.9	198.8	195.6	192.5	189.5	186.3	180.1	173.6	167.4	161.1

2.9.10　其 他 气 体

表 2.9.24　其他气体的热导率

（1）温度单位为热力学温度　　单位：mW/(m·K)

名　称	温　　度/K								
	150	200	250	300	350	400	450	500	550
一氧化氮	14.35	19.00	23.30	27.15	30.79	34.18	37.49	40.71	43.93
一氧化二氮	7.824	11.13	14.77	18.62	22.68	26.65	30.59	34.39	38.12
氟化氢		7.740	11.51	15.94	20.96	26.65	32.89	39.66	46.86
氯化氢		10.38	12.84	15.27	17.74	20.08	22.30	24.44	26.44
溴化氢		6.150	7.573	8.912	10.17	11.42	12.55	13.51	14.39
碘化氢			5.397	6.443	7.489	8.535	9.665	10.71	11.80
硫化氢		10.54	13.22	15.98	18.83	21.80	24.77	27.66	30.50
氧硫化碳	5063	7.196	9.540	11.97	14.56	17.24	19.92	22.51	25.02

名　称	温　　度/K								
	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
一氧化氮	46.86	49.79	53.14	56.07	58.99	61.92	64.85	67.78	70.29
一氧化二氮	41.76	45.19	48.95	52.30	55.65	58.58	61.92	64.85	68.20
氟化氢	54.81	63.18	72.38	82.01	92.05	102.5	113.4	124.7	136.8
氯化氢	28.41	30.33	32.26	34.14	35.98	37.82	39.66	41.50	43.51
溴化氢	15.15	15.77	16.32	16.74	17.07	17.32	17.40	17.45	
碘化氢	12.84	13.85	14.85	15.86	16.86	17.78	18.79	19.75	20.63
硫化氢	33.35	36.19	39.04	41.84	44.77	47.70	50.21	53.14	55.65
氧硫化碳	27.45	29.83	32.13	34.35	36.57	38.70	40.79	43.10	44.77

（2）温度为摄氏单位　　单位：mW/(m·℃)

名　称	温　度/℃					
	−180	−150	−100	−50	0	20
氦	68.27	81.64	103.16	123.86	143.63	151.19
氪					8.879	
氖	20.52	25.69	34.33	40.41	46.49	
氙					5.230	
一氧化二氮			11.40^{-75}	12.68	13.96^{-25}	15.12^{0}

名　称	温　度/℃					
	100	200	300	400	500	600
氦	179.0	212.7	244.1	259.2	304.5	332.4
氪	11.62	14.30	16.85	19.29	21.73	24.06
氖	58.11	68.57	79.03	88.33	97.63	105.8
氙	6.973	8.600	10.23	11.85	13.48	14.99
氟	8.60	17.4	26.7			
一氧化二氮	20.93					

（3）烟气的热导率（容积成分13%）　　单位：mW/(m·℃)

温　度/℃	水蒸气含量/%				
	5	10	15	20	25
0	22.446	23.027	23.144	23.144	23.260
100	30.936	31.634	32.099	32.831	32.564
200	39.193	40.123	40.938	41.685	41.984
300	49.079	50.823	52.219	53.265	54.196
400	54.661	56.871	58.964	60.592	61.755
500	61.872	65.012	67.687	69.896	71.641
600	59.082	73.036	76.409	79.317	81.992
700	75.595	80.596	84.783	88.506	91.644
800	81.875	87.807	93.156	97.808	101.41
900	87.807	95.017	101.30	107.11	112.00
1000	93.970	102.11	109.79	116.30	122.12
1100	99.785	108.97	117.46	125.80	132.58

注：烟气成分的体积含量为CO_2 13%，H_2O 11%，N_2 76%；当温度为700℃、800℃、900℃、1000℃、1100℃、1200℃时，其值分别为82.63mW/(m·℃)、91.47mW/(m·℃)、100.1mW/(m·℃)、108.9mW/(m·℃)、117.4mW/(m·℃)、126.1mW/(m·K)。

表2.9.25　其他液态气体的热导率　　单位：mW/(m·℃)

名　称	温　度/℃									
	−130	−120	−110	−100	−90	−80	−70	−60	−50	−40
一氧化氮①	160.7	139.3	115.1	84.94						
一氧化二氮					167.4	160.7	153.1	145.6	138.1	130.1
氟化氢						316.7	310.0	303.3	296.6	292.0
氯化氢			200.0	193.3	186.2	179.5	172.0	164.8	156.9	149.0
硫化氢						201.3	195.0	189.1	182.8	172.4
溴化氢						128.0	123.8	119.7	115.5	111.3
氧硫化碳	178.7	174.5	170.3	165.7	161.1	156.5	151.9	147.3	142.3	137.2

续表

名　　称	温　　度/℃									
	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60
一氧化二氮	121.8	113.0	103.3	93.30	82.42	69.45	53.97			
四氧化二氮				123.8	119.7	115.5	111.3	107.1	102.5	97.91
氟化氢	283.3	276.1	269.0	261.9	254.4	246.9	239.3	231.4	223.4	215.1
氯化氢	141.0	132.2	123.4	113.8	103.8	92.88	80.75	66.11	45.61	
碘化氢②	96.23	93.30	90.37	87.45	84.52	81.17	78.24	74.89	71.55	68.20
硫化氢	169.5	162.8	156.1	149.0	141.4	133.5	125.5	117.2	108.4	98.74
溴化氢	106.7	102.1	97.50	92.47	87.45	82.42	76.57	70.71	64.43	57.74
氧硫化碳	132.2	127.2	121.8	116.3	110.5	104.6	98.32	92.05	85.35	77.82

名　　称	温　　度/℃									
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
四氧化二氮	97.91	92.88	87.86	82.84	76.99	71.13	65.27	58.16	50.63	41.04
氟化氢③	215.1	206.7	198.3	189.1	179.9	170.3	160.2	149.8	138.9	126.8
碘化氢	68.20	64.43	60.67	56.90	52.72	48.12	43.51	38.12	31.76	22.26
硫化氢	98.74	88.28	76.99	63.18	40.12					
溴化氢	57.74	50.21	41.09	25.98						
氧硫化碳	77.82	69.87	61.50	51.04	36.53					

① 温度为−160℃、−150℃、−140℃时，其值分别为215.5mW/(m・℃)、198.3mW/(m・℃)和180.3mW/(m・℃)。

② 温度为−50℃、−40℃时，其值分别为101.7mW/(m・℃)、98.74mW/(m・℃)。

③ 温度为160℃、170℃、148℃时，其值分别为113.8mW/(m・℃)、98.74mW/(m・℃)、80.75mW/(m・℃)。

2.9.11　混合气体

表2.9.26　混合气体物的热导率（常压）

（1）含氢气　　单位：mW/(m・℃)

混合物种类	温度/℃	氢气的容积浓度 c_V/%					
		0	20	40	60	80	100
氢-氩	0	16.33	32.32	52.74	78.25	112.5	169.1
氢-CO	0	22.19	36.28	58.39	77.58	88.32	169.1
氢-CO_2	0	15.06	28.46	45.99	69.44	105.4	169.1
氢-氧	22	24.87	41.38	64.50	92.16	125.6	167.4
氢-氮	0	23.01	40.19	65.26	76.54	106.8	169.1
氢-乙烯	25	21.99	38.42	56.39	84.32	122.3	182.9

（2）含氦气（a）　　单位：mW/(m・℃)

混合物种类	温度/℃	氦气的容积浓度 c_V/%					
		0	20	40	60	80	100
氦-氩	0	16.27	26.73	40.21	58.69	87.63	140.4
氦-氙	0	5.11	13.60	25.68	44.05	75.78	140.4
氦-氙	100	6.84	17.90	33.59	57.30	97.39	179.0

（3）含氮气（b） 单位：mW/(m·℃)

混合物种类	温度/℃	氮气的容积浓度 c_V/%					
		25	33	50	67	75	83
氮 CO_2	369			1.273		1.281	
	375			1.369		1.395	
	569		1.340	1.613			1.404
	688	1.911	1.602	1.919	1.620	1.893	

（4）含氮气（c） 单位：mW/(m·℃)

混合物种类	温度/℃	氮气的容积浓度 c_V/%					
		0	20	40	60	80	100
氮-氩	0	16.10	17.44	18.86	20.40	22.08	23.69
氮-氧	65	20.92	23.36	25.57	27.54	28.47	28.12
氮-水蒸气	330	46.14	48.00	49.16	49.28	48.93	43.93
液氮-液氧[按液氮(质量分数)/%]		0.209	0.205	0.200	0.199	0.201	0.207

（5）含空气 单位：mW/(m·℃)

混合物种类	温度/℃	氮气的容积浓度 c_V/%					
		0	20	40	60	80	100
空气-甲烷	22	33.00	29.93	28.89	27.87	26.84	25.80
空气-乙烷	20	22.22	23.12	23.94	24.68	25.42	25.68
空气-乙烷	65	26.95	27.73	28.36	28.82	29.08	28.82
空气-CO	18	24.37	24.67	24.95	25.18	25.41	25.57
空气-水汽	80	22.10	25.38	28.16	30.17	31.01	29.87
空气-氨	20	23.50	24.65	26.05	26.73	26.84	25.68
空气-氨	80	29.87	31.96	32.53	32.59	31.66	29.87

（6）两组四种氯体的混合物（t=40℃） 单位：mW/(m·℃)

氢-氖-氪-氙				氢-氖-氮-氩			
容积浓度 c_V/%			λ	容积浓度 c_V/%			λ
氢	氖	氪		氢	氖	氪	
30.6	10.2	20.0	46.84	15.2	14.4	34.6	94.14
24.0	16.5	45.3	23.01	13.2	50.4	15.8	55.20

2.9.12 气体的热扩散系数

表 2.9.27 常压下其他气体的热扩散系数 单位：$\times10^{-2}m^2/h$

名　称	温　度/℃										
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
氮	6.9	11.6	18.3	25.5	33.3	41.1	49.1	57.0	65.4	73.1	80.2
氨	4.8	9.8	16.5	24.9	35.1	47.0	60.6				
氩	6.41	11.2	17.2	24.4	32.6	42.0	51.9				
氦	55	95	143	199	225	336	412				
氪	3.4	6.1	9.6	13.7	18.4	23.7	29.8				
氖	18	31	46	64	84	107	132				
氙	2.02	3.67	5.77	8.28	11.3	14.7	18.5				
CO	6.5	11.3	17.9	23.8	31.1	38.1	47.4	56.6	66.7	76.8	88.1
CO_2	3.28	6.21	9.83	14.1	19.1	24.6	30.8	36.6	43.2	49.9	56.9
氢	48.6	83.4	126	178	236	300	370	443	523	603	688
烟气①	6.08	11.10	17.60	25.16	33.94	43.61	54.32	66.17	79.09	92.87	109.2

① 其成分为（体积分数）CO_2 13%，H_2O 11%，N_2 76%；当温度为 1100℃、1200℃时，其值为 1.244m^2/h、1.413m^2/h。

2.10　气体的比焓

气体的定压摩尔焓计算式是：

$$H=H_0+0.001AT+5\times10^{-7}BT^2-100C/T+0.333\times10^{-9}DT^3 \quad (\mathrm{J/mol})$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 及 H_0 值见下表。

分子式	名　称	适用温度/K	A	B	C	D	H_0/(kJ/mol)	S_0/[J/(mol·K)]
Cl_2	氯	298～3000	36.93	0.251	−2.847	0	−11.97	11.10
H_2	氢	298～3000	27.30	3.266	0.502	0	−8.110	−25.54
CO	一氧化碳	298～2500	28.43	4.103	−0.461	0	−119.4	34.24
CO_2	二氧化碳	298～2500	44.17	9.043	−8.541	0	−410.2	−45.35
HCl	氯化氢	298～2000	26.54	4.605	1.089	0	−100.1	34.93
H_2S	硫化氢	298～1800	29.39	15.41	0	0	−29.96	33.79
N_2	氮	298～2500	27.88	4.271	0	0	−8.499	31.50
NH_3	氨	298～ 800	25.81	31.64	0.352	0	−54.95	36.51
O_2	氧	298～3000	29.98	4.187	−1.675	0	−9.680	32.20
O_3	臭氧	298～2000	44.38	15.60	−8.616	−4.350	126.0	−23.14

2.10.1　空　　气

表 2.10.1　空气在常压下的比焓

温度	比焓 h		温度	比焓 h		温度	比焓 h		温度	比焓 h	
/K	/(kJ/kg)	/(J/mol)①	/K	/(kJ/kg)	/(J/mol)①	/K	/(kJ/kg)	/(J/mol)①	/K	/(kJ/kg)	/(J/mol)①
100	99.76		410	411.12		720	734.2		1060	1114.85	
110	109.77		420	421.26		730	745.62		1080	1137.93	
120	119.79		430	431.43		740	756.44		1100	1161.07	25715
130	129.81		440	441.61		750	767.3		1120	1184.28	
140	139.84		450	451.83		760	778.21		1140	1207.54	
150	149.86		460	462.01		770	789.1		1160	1230.9	
160	159.87		470	472.25		780	800.03		1180	1254.34	
170	169.89		480	482.48		790	810.98		1200	1277.79	29098
180	179.92		490	492.74		800	821.94	15889	1220	1301.33	
190	189.94		500	503.02	6665.4	810	832.96		1240	1324.89	
200	199.96		510	513.32		820	843.97		1260	1348.55	
210	209.97		520	523.63		830	855.01		1280	1372.25	
220	219.99		530	533.98		840	866.09		1300	1395.97	32523
230	230.01		540	544.35		850	877.16		1320	1419.77	
240	240.03		550	554.75		860	888.28		1340	1443.61	
250	250.05		560	565.17		870	899.42		1360	1467.5	
260	260.09		570	575.57		880	910.56		1380	1491.43	
270	270.12	0②	580	586.04		890	921.75		1400	1515.41	35977
280	280.14		590	596.53		900	932.94	19129	1420	1539.44	
290	290.17		600	607.02	9679.9	910	944.15		1440	1563.49	
300	300.19	785.44	610	617.53		920	955.38		1460	1587.61	
310	310.24		620	628.07		930	966.64		1480	1611.8	
320	320.29		630	638.65		940	977.92		1500	1635.99	39498
330	330.34		640	640.21		950	989.22		1750		48358
340	340.43		650	659.84		960	1000.53		2000		57359
350	350.48		660	670.47		970	1011.88		2250		66486
360	360.58		670	681.15		980	1023.25		2500		75697
370	370.67		680	691.82		990	1034.63		2750		84992
380	380.77		690	702.52		1000	1046.03	22383	3000		94329
390	390.88		700	713.27	12745	1020	1068.89		3500		113210
400	400.98	3699.5	710	724.01		1040	1091.85		4000		132260

① t=273K 时，h =0。

② 对应于 t=273K。

表 2.10.2　空气在不同温度和压力下的比焓　　单位：kJ/kg

温度/K	压强/MPa								
	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0
100	224.30	223.02	217.58	233.02	224.07	196.16	84.46	71.92	74.53
120	245.11	244.08	240.49	257.13	251.40	245.14	230.28	209.01	147.55
140	265.83	265.00	262.28	279.78	275.78	271.61	262.67	252.65	228.03
160	286.39	285.68	283.58	301.61	298.59	295.50	289.10	282.34	268.07
180	306.82	306.24	304.58	322.99	320.55	318.08	313.08	308.04	297.48
200	327.16	326.71	325.34	344.33	341.50	339.91	335.86	331.81	323.47
220	367.92	347.38	345.59	365.04	362.55	361.32	357.94	354.62	347.82
240	388.05	367.60	365.98	385.50	383.59	382.45	379.64	376.83	371.21
260	400.48	387.66	386.44	405.73	404.53	403.37	400.98	398.62	393.91
280	407.84	407.59	406.93	426.16	425.17	424.17	422.15	420.12	416.11
300	427.94	427.73	427.15	446.54	445.72	444.85	443.15	441.42	438.03
320	448.07	447.91	447.41	466.93	466.23	465.49	464.04	462.59	459.70
340	468.25	468.09	467.63	487.32	486.70	486.08	484.48	483.59	481.24
360	488.43	488.31	487.94	507.70	507.17	506.67	505.64	504.60	502.58
380	508.61	508.53	508.20	528.05	527.64	527.22	526.36	525.49	523.79
400	528.84	528.75	528.51	579.04	578.83	578.59	578.17	577.68	576.72
450	579.50	579.41	579.29						

温　度/K	压强/MPa								
	8	10	12	14	16	18	20	25	30
100	69.81	69.97	69.92	70.10	70.50	71.097	71.923	75.264	79.794
120	132.91	128.06	124.48	122.21	120.68	119.71	119.32	120.34	123.44
140	204.85	190.16	181.03	174.96	170.68	167.58	165.31	163.22	163.90
160	253.18	239.64	229.20	221.50	215.73	211.30	207.87	203.03	201.49
180	286.76	276.53	267.73	260.47	254.59	249.89	245.88	239.55	236.59
200	315.11	307.10	299.92	293.68	288.35	283.82	279.92	273.17	269.52
220	341.07	334.55	328.64	323.34	318.65	314.06	313.48	304.65	300.67
260	365.63	360.27	355.32	350.86	346.75	343.29	340.14	334.14	330.91
280	389.24	384.75	380.67	376.93	373.54	370.49	367.80	362.48	359.08
300	412.18	408.49	405.08	401.95	399.11	396.52	394.25	389.66	386.61
320	434.72	431.60	428.73	426.15	423.78	421.56	419.80	415.69	417.58
340	456.88	454.22	451.81	449.64	447.68	445.94	444.49	441.37	439.46
360	478.75	476.51	474.47	472.67	471.09	469.73	468.56	466.15	464.80
380	500.47	498.55	496.89	495.39	494.11	493.01	492.18	490.40	489.54
400	522.10	520.51							
450	575.78	574.86							

温　度/K	压强/MPa								
	35	40	45	50	60	70	80	90	100
160	166.57	170.34	174.90	179.41	213.63				
180	202.20	204.32	207.50	210.72	246.90	338.08			
200	235.98	236.93	238.99	241.63	247.84	254.68			
220	268.16	268.36	269.71	271.72	276.96	283.72	267.07		
240	299.01	298.76	299.66	301.22	305.54	311.80	294.92		
260	328.67	328.20	328.88	330.14	333.82	339.94	320.22	323.28	333.73
280	357.31	356.87	357.40	358.48	361.66	367.34	347.56	350.41	360.55
300	385.13	384.83	385.34	386.30	389.15	394.53	374.65	377.37	386.87
320	412.71	411.98	412.69	413.55	416.26	421.34	401.48	404.04	413.37

表 2.10.3　空气在饱和线上的比焓　　单位：kJ/kg

状态	压强/kPa											
	100	200	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	3773
液态	0	11.81	19.94	31.66	40.93	53.02	70.62	86.50	101.4	116.8	132.7	162.6
气态	205.20	210.29	213.27	215.87	216.89	217.11	215.44	211.64	206.32	198.78	189.02	162.62

表 2.10.4　与水相接触的饱和空气中纯净空气的比焓　　单位：kJ/kg

温度 /℃	比焓 h	温度 /℃	比焓 h	温度 /℃	比焓 h	温度 /℃	比焓 h	温度 /℃	比焓 h	温度 /℃	比焓 h
−50	−50.29	−27	−27.16	−4	−4.023	19	19.11	42	42.25	65	65.44
−49	−49.28	−26	−26.15	−3	−3.018	20	20.12	43	43.29	66	66.45
−48	−48.28	−25	−25.15	−2	−2.012	21	21.13	44	44.30	67	67.45
−47	−47.27	−24	−24.14	−1	−1.006	22	22.13	45	45.30	68	68.46
−46	−46.27	−23	−23.13	0	0	23	23.14	46	46.31	69	69.46
−45	−45.26	−22	−22.13	1	1.006	24	24.15	47	47.31	70	70.51
−44	−44.26	−21	−21.12	2	2.012	25	25.15	48	48.32	71	71.51
−43	−43.25	−20	−20.11	3	3.018	26	26.16	49	49.32	72	72.52
−42	−42.25	−19	−19.11	4	4.023	27	27.17	50	50.33	73	73.52
−41	−41.24	−18	−18.10	5	5.029	28	28.17	51	51.33	74	74.53
−40	−40.24	−17	−17.10	6	6.033	29	29.18	52	52.34	75	75.53
−39	−39.23	−16	−16.09	7	7.043	30	30.18	53	53.34	76	76.54
−38	−38.22	−15	−15.09	8	8.047	31	31.19	54	54.35	77	77.54
−37	−37.22	−14	−14.08	9	9.052	32	32.20	55	55.35	78	78.55
−36	−36.21	−13	−13.08	10	10.06	33	33.20	56	56.36	79	79.55
−35	−35.20	−12	−12.07	11	11.07	34	34.21	57	57.36	80	80.60
−34	−34.20	−11	−11.06	12	12.07	35	35.22	58	58.37	81	81.60
−33	−33.19	−10	−10.06	13	13.08	36	36.23	59	59.41	82	82.61
−32	−32.19	−9	−9.048	14	14.09	37	37.23	60	60.42	83	83.61
−31	−31.18	−8	−8.047	15	15.09	38	38.24	61	61.42	84	84.62
−30	−30.18	−7	−7.043	16	16.09	39	39.24	62	62.43	85	85.62
−29	−29.17	−6	−6.033	17	17.02	40	40.25	63	63.43	86	86.63
−28	−28.16	−5	−5.029	18	18.11	41	41.26	64	64.44	87	87.63

注：温度为 88℃、89℃、90℃时，其值分别为 88.64kJ/kg、89.69kJ/kg、90.69kJ/kg。

2.10.2　氧　　气

表 2.10.5　理想氧气的比焓　　单位：J/kg

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
比焓 h	267.71	1641.4	3050.6	4481.6	5924.5	7373.9	8827.7	10287	11753	13229	14721	16231	17761

注：计算基准是 0K 时，$h=0$。

表 2.10.6　常压下氧气的比焓　　单位：J/mol

温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' /(kJ/m³)	温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' /(kJ/m³)
0	0.00	0.0	0.00	1600	1723.7	55140	2460.6
100	92.32	2953.8	131.76	1700	1841.4	58908	2628.5
200	187.07	5987.1	267.03	1800	1959.4	62718	2797.6
300	284.90	9118.9	406.83	1900	2078.7	66528	2967.2
400	386.02	12351	550.98	2000	2198.1	70338	3138.4
500	489.t4	15667	698.78	2100	2318.7	74190	3309.2
600	595.78	19058	849.92	2200	2439.2	78042	3482.6
700	703.38	22504	1004.0	2300	2561.5	81936	3556.3
800	812.66	26000	1159.7	2400	2883.7	85871	3831.3
900	923.19	29542	1318.0	2500	2807.3	89807	4006.8
1000	1034.9	33118	1477.5	2600	2930.3	93784	4183.4
1100	1147.6	36722	1638.3	2700	3054.3	97762	4362.6
1200	1261.1	40361	1800.7	2800	—	—	—
1300	1375.4	44003	1963.6	2900	—	—	—
1400	1490.5	47688	2128.2	3000	3434.4	109904	4902.7
1500	1606.9	51414	2293.9				

表 2.10.7 饱和氧的比焓 单位：J/mol

项 目	温 度/K										
	70	80	90	90.18	100	110	120	130	140	150	154.77[①]
液体	−5362	−4841	−4288	−4278	−3723	−3149	−2555	−1913	−1180	−229	1123
气体	2022	2295	2542	2548	2755	2913	3001	2992	2834	2338	1123

① 临界点。

表 2.10.8 氧气在压力下的比焓 单位：kJ/kg

温 度 /K	压 强/kPa					
	1	100	1000	4000	7000	10000
100	90.710	89.062				
150	136.23	135.44	127.56			
200	181.76	181.27	176.64	159.96	140.71	118.82
250	227.35	227.01	223.85	213.31	202.67	192.39
300	273.14	272.90	270.61	263.26	256.05	249.20
350	319.31	319.13	317.43	312.08	306.84	301.89
400	366.06	365.93	364.64	360.71	356.88	353.19
500	461.72	461.64	460.98	458.83	456.80	454.82
600	560.53	560.50	560.17	559.16	558.25	557.42
700	662.31	666.45	662.58	660.03	667.67	661.44
800	766.68	766.68	766.77	767.18	767.51	767.99
900	873.18	873.20	873.72	874.19	875.01	875.88
1000	1019.2	981.93	979.28	997.56	939.86	985.31
1100	1091.2	1091.3	1091.7	1093.1	1094.5	1095.9
1200	1202.2	1202.3	1202.7	1204.3	1206.0	1207.6
1300	1314.3	1314.4	1314.9	1316.6	1318.5	1320.3
1400	1427.4	1427.4	1428.0	1429.9	1431.8	1433.8
1500	1541.3	1541.3	1541.9	1544.0	1546.0	1548.1

2.10.3 氢 气

表 2.10.9 氢气的比焓 单位：J/mol

温度/K	273	291	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
h	0.00	516.65	718.45	764.09	3657.6	6594.2	9525.0	12468	15424	18397	21403	24443
温度/K	1200	1300	1400	1500	1750	2000	2250	2500	2750	300	3500	4000
h	27.532	30.647	33.813	37.020	45.305	53.717	62.383	71.259	80.345	89.514	108.10	127.61

注：计算基准是 273K 时，$h=0$。

表 2.10.10 理想氢气的比焓 单位：J/kg

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
比焓 h	14.562	106.97	197.59	288.73	381.90	477.95	577.16	679.42	784.35	891.40	1000.0	1109.8	1220.4

注：计算基准是 0K 时，$h=0$。

表 2.10.11 饱和氢的比焓 单位：kJ/kg

项 目	温 度/K					
	63.15	65	70	77.36	80	90
液体	0.0	3.8	14.1	29.4	34.8	55.7
气体	216.1	217.8	222.5	228.7	230.6	236.6

续表

项　目	温　　度/K				
	100	103.95	110	120	125
液体	77.7	87.1	102.4	131.7	154.6
气体	239.3	39.2	237.3	226.1	209.5

注：63.15K 为三相点，126.2K 为临界点。

表 2.10.12　氩气在压力下的比焓　　单位：kJ/kg

温　度/K	压　　强/kPa				
	1	10	100	1000	10000
50	1147.1	1146.6	1143.3	1109.0	883.61
100	1576.1	1576.0	1574.7	1561.8	1473.1
150	2172.4	2172.4	2171.9	2167.6	2145.3
200	2827.9	2827.9	2827.8	2827.6	2838.2
250	3519.2	3519.0	3519.4	3521.7	3552.2
300	4229.5	4229.5	4229.9	4233.6	4276.7
350	4946.7	4946.7	4948.4	4954.1	5005.6
400	5671.8	5671.8	5672.3	5678.0	5735.7
450	6396.6	6396.6	6397.0	6403.6	6465.9
500	7122.6	7122.6	7123.0	7129.6	7196.0
550	7848.6	7848.6	7849.4	7856.4	7925.3
600	8576.2	8576.2	8577.1	8584.1	8655.0

2.10.4　氮　　气

表 2.10.13　常压下氮气的比焓　　单位：J/mol

温度/℃	比焓 h/(kJ/kg)	摩尔焓 h_m/(kJ/kmol)	容积焓 h'(标准状态)/(kJ/m³)	温度/℃	比焓 h/(kJ/kg)	摩尔焓 h_m/(kJ/kmol)	容积焓 h'(标准状态)/(kJ/m³)
0	0	0	0	1400	1613.6	45217	2016.8
100	104.04	2914.4	130.04	1500	1740.5	48734	2175.0
200	208.67	5844.8	260.75	1600	1867.7	52335	2333.7
300	314.64	8813.0	393.27	1700	1995.0	55894	2494.1
400	419.10	11840	528.37	1800	2123.5	59494	2654.4
500	532.98	14934	666.12	1900	2252.9	63095	2816.0
600	645.61	18091	807.22	2000	2382.3	66738	2977.7
700	760.74	21315	951.24	2100	2512.9	70380	3140.5
800	877.97	24597	1097.3	2200	2642.7	74064	3303.8
900	996.88	27934	1246.0	2300	2773.3	77707	3466.7
1000	1117.9	31313	1397.1	2400	2904.8	81391	3630.4
1100	1239.7	34734	1550.0	2500	3035.4	85076	3794.5
1200	1363.2	38192	1704.0	3000	3701.1	103749	4630.6
1300	1487.0	41688	1859.8				

表 2.10.14　不同压强下氮气的比焓　　单位：kJ/kg

温　度/K	压　　强/kPa					
	100	400	1000	4000	7000	10000
100	102.13					
150	154.88	152.558	147.645			
200	207.148	205.731	202.859	187.978	172.839	158.012
250	259.293	258.338	256.441	247.085	238.109	229.893
300	311.384	310.722	309.424	303.102	297.231	291.914
350	363.496	363.033	362.119	357.776	353.803	350.244

续表

温　度/K	压　强/kPa					
	100	400	1000	4000	7000	10000
400	415.696	415.370	414.745	411.788	409.130	406.762
450	468.085	467.870	467.453	465.520	463.855	462.439
500	520.746	520.618	520.370	519.232	518.311	517.596
550	573.818	573.752	573.624	573.125	572.805	572.651
600	627.342	627.334	627.317	627.323	627.494	627.803
650	681.406	681.439	681.513	681.950	682.516	683.215
700	736.052	736.122	736.267	737.059	737.985	738.994
750	791.284	791.391	791.598	792.691	793.903	795.196
800	847.127	847.255	847.520	848.883	850.334	851.863
900	847.126	847.260	847.473	960.199	970.415	958.658
1000	1076.34	1076.54	1076.95	1079.07	1081.24	1083.46
1100	1194.12	1194.36	1194.82	1197.21	1199.63	1202.08
1200	1313.75	1314.01	1314.52	1317.11	1319.73	1322.39
1300	1434.98	1435.26	1435.81	1438.57	1441.36	1444.18
1400	1557.63	1557.92	1558.50	1561.41	1564.34	1567.29
1500	1681.54	1681.83	1682.14	1685.43	1688.63	1691.51

表 2.10.15　理想氮气的比焓　　单位：J/kg

温度/℃	比焓 h	温度/℃	比焓/h	温度/℃	比焓 h
0	17.242	400	434.01	800	866.57
100	122.22	500	539.34	900	980.23
200	226.13	600	646.31	1000	1096.3
300	329.81	700	755.30	1100	1214.5
400	434.01	800	866.57	1200	1334.8

注：计算基准是 0K 时，$h=0$。

2.10.5　氯　　气

表 2.10.16　氯的比焓　　单位：kJ/kg

温　度/℃	比　焓		温　度/℃	比　焓		温　度/℃	比　焓	
	液　体	气　体		液　体	气　体		液　体	气　体
−70	351.12	658.03	5	423.56	686.58	75	493.10	701.03
−65	355.94	660.21	10	428.46	688.13	80	498.59	701.20
−60	360.71	662.30	15	433.31	689.60	85	504.41	701.20
−55	365.44	664.39	20	438.21	691.02	90	510.27	701.07
−50	370.17	666.44	25	443.11	692.40	95	516.68	700.78
−45	374.95	668.50	30	447.93	693.66	100	523.38	700.23
−40	379.72	670.46	35	452.78	694.87	105	530.41	699.31
−35	384.58	672.43	40	457.68	696.00	110	537.90	698.06
−30	389.39	674.36	45	462.58	697.05	115	546.11	696.38
−25	394.25	676.24	50	467.48	698.01	120	554.65	694.25
−20	399.23	678.08	55	472.42	698.85	125	564.32	691.61
−15	404.00	679.88	60	477.53	699.61	130	575.13	688.43
−10	408.90	681.64	65	482.59	700.23	135	587.02	683.32
−5	413.80	683.36	70	487.78	700.69	140	603.76	674.94
0	418.70	685.00	75	493.10	701.03	144①	642.33	642.29

① 温度为临界温度。

2. 10. 6　氩　　气

表 2. 10. 17　氩气的比焓　　单位：kJ/kg

温　度 /K	压　强/kPa 100	1000	5000	10000	温　度/K	压　强/kPa 100	1000	5000	10000
150	271. 11	212. 49	174. 96	159. 67	400	401. 36	402. 80	396. 70	392. 28
200	296. 79	309. 48	277. 03	252. 66	500	453. 50	453. 76	451. 57	450. 03
300	349. 19	352. 53	340. 56	331. 82	600	505. 61	505. 02	506. 09	506. 92

2. 10. 7　氦　　气

表 2. 10. 18　氦气的比焓　　单位：kJ/kg

温　度	压　强/kPa					
/℃	100	1000	5000	10000	15000	20000
0	0	3. 1	15. 7	31. 3	46. 9	62. 5
50	259. 6	262. 9	275. 4	275. 6	310. 9	325. 0
100	519. 2	522. 1	534. 5	550. 2	565. 6	580. 8
150	778. 7	781. 6	794. 0	809. 3	824. 8	840. 3
200	1038. 3	1041. 2	1053. 6	1068. 9	1083. 9	1099. 4
250	1297. 9	1300. 8	1313. 2	1328. 5	1343. 5	1358. 6
300	1557. 5	1560. 4	1572. 8	1587. 7	1602. 7	1617. 8
400	2076. 6	2079. 5	2091. 5	2106. 4	2121. 4	2136. 2
500	2595. 8	2598. 7	2610. 7	2625. 2	2640. 2	2654. 6
600	3115. 0	3117. 9	3129. 4	3143. 9	3158. 4	3173. 2
700	3634. 1	3637. 0	3648. 6	3662. 7	3677. 2	3691. 6
800	4153. 3	4156. 2	4167. 4	4181. 8	4197. 8	4211. 4
900	4672. 5	4676. 6	4684. 9	4701. 3	4711. 6	4729. 3
1000	5191. 6	5195. 8	5204. 0	5220. 5	5230. 6	5244. 6

2. 10. 8　一氧化氮和一氧化二氮

表 2. 10. 19　常压下一氧化氮气体的比焓　　单位：J/mol

温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h'(标准状态) /(kJ/m³)	温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h'(标准状态) /(kJ/m³)
0	0	0	0	1600	1800. 7	54010	2410. 3
100	99. 646	2990. 8	133. 43	1700	1922. 6	57694	2573. 6
200	199. 96	5999. 7	267. 70	1800	2044. 4	61378	2737. 3
300	302. 20	11068	404. 57	1900	2167. 9	65021	2901. 9
400	406. 96	12212	544. 70	2000	2291. 0	68747	3066. 4
500	514. 14	15432	688. 31	2100	2414. 5	72432	3232. 2
600	623. 83	18728	835. 68	2200	2538. 5	76158	3398. 0
700	736. 04	22085	985. 15	2300	2662. 8	79884	3563. 8
800	849. 92	25498	1137. 6	2400	2786. 2	83610	3730. 0
900	965. 06	28956	1291. 6	2500	2911. 1	87337	3897. 1
1000	1081. 5	32456	1447. 8	2600	3035. 8	91105	4064. 5
1100	1199. 1	35986	1605. 6	2700	3160. 6	94873	4232. 9
1200	1318. 0	39549	1764. 3	2800	3285. 8	98599	4400. 3
1300	1437. 3	43124	1924. 7	2900	3411. 8	102367	4567. 8
1400	1557. 9	46725	2085. 4	3000	3537. 0	106135	4735. 3
1500	1678. 9	50367	2247. 1				

表 2.10.20 常压下一氧化二氮气体的比焓 单位：J/mol

温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)	温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)
0	0	0	0	700	770.79	33959	1513.9
100	90.226	3971.2	177.19	800	898.91	39565	1765.2
200	189.33	8335.9	371.87	900	1029.1	45301	2021.0
300	295.63	13013	580.71	1000	1161.8	51121	2281.1
400	407.67	17945	800.52	1100	1296.2	57066	2545.2
500	521.61	23094	1030.4	1500	1810.8	79674	3555.4
600	646.02	28433	1268.6				

2.10.9 一 氧 化 碳

表 2.10.21 常压下一氧化碳气体的比焓

(1) 温度单位为摄氏度 单位：J/mol

温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)	温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)
0	0.00	0.0	0.00	1400	1632.0	45720	2039.1
100	104.17	2917.8	130.17	1500	1759.7	49279	2198.9
200	209.28	5861.5	261.42	1600	1887.8	52879	2359.3
300	316.15	8855.1	395.03	1700	2017.2	56480	2520.5
400	125.38	11916	531.72	1800	2146.2	60122	2682.1
500	557.59	15051	871.56	1900	2276.8	63765	2844.5
600	651.47	18254	811.33	2000	2406.6	67407	3007.3
700	758.28	21520	960.45	2100	2537.6	71092	3171.5
800	887.18	24857	1109.1	2200	2668.2	74776	3335.2
900	1008.1	28240	1259.8	2300	2800.1	78461	3499.3
1000	1130.4	31665	1412.6	2400	2932.0	82145	3666.8
1100	1253.9	35131	1567.1	2500	3064.7	85829	3830.1
1200	1379.1	38632	1723.3	3000	3732.1	104503	4664.1
1300	1505.2	42161	1880.7				

(2) 温度单位为热力学温度 单位：kJ/kg

温度/K	273	291	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
h	0.00	525.44	728.92	787.12	3702.0	6657.0	9671.5	12757	15910	19138	22429	25778
温度/K	1200	1300	1400	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3500	4000
h	29.174	32.615	36.094	39.603	48.492	57.527	66.612	75.823	85.076	94.329	113.04	131.88

注：计算基准是 273K 时，$h=0$。

表 2.10.22　不同压强下一氧化碳气体的比焓　　单位：kJ/kg

温度/K	压强/kPa					
	1	100	1000	4000	7000	10000
200	207.67	207.11	201.99			
220	228.47	227.99	223.67			
240	249.27	248.86	245.18			
260	270.08	269.72	266.54	256.29		
280	290.89	290.58	287.82	278.99	270.73	263.04
300	311.71	311.43	309.04	301.40	294.29	287.75
320	332.54	332.31	330.21	323.55	317.41	311.79
340	353.38	353.17	351.34	345.53	340.21	335.37
360	374.26	374.07	372.47	367.42	362.78	358.62
380	395.16	395.00	393.60	389.19	385.18	381.59
400	416.10	415.96	414.74	410.90	407.45	404.37
420	437.10	436.98	435.90	432.59	429.61	426.99
440	458.12	458.04	457.13	454.27	451.77	449.54
460	478.97	479.14	478.37	475.85	474.14	472.01
480	500.41	500.32	499.66	497.64	495.88	494.43
500	521.63	521.59	521.02	519.35	517.94	516.77
520	542.99	542.90	542.45	541.09	539.92	539.12
540	564.42	564.38	564.01	562.93	562.06	561.47
560	585.90	585.86	585.57	584.79	584.19	583.82
580	607.50	607.46	607.26	606.72	606.32	606.20
600	629.19	629.19	629.03	628.69	628.59	628.64
620	651.01	651.01	650.92	650.79	650.85	651.07
640	672.90	672.93	672.90	672.94	673.18	673.63
660	694.93	694.93	694.90	698.15	167.86	599.70
680	717.03	717.03	717.15	717.57	718.12	718.84
700	739.26	739.26	739.43	740.01	740.68	741.57
720	761.16	761.62	761.82	762.35	763.92	764.38
740	784.02	784.06	784.27	785.13	786.15	787.27
760	806.55	806.59	806.84	807.86	809.00	810.21
780	829.24	829.24	829.57	830.70	831.92	833.33
800	851.93	851.93	852.30	853.56	854.85	856.35
900	967.15	967.15	967.72	969.49	971.24	973.19
1000	1084.6	1084.6	1085.4	1087.5	1089.6	1092.0
1100	1204.1	1204.1	1204.9	1207.4	1209.8	1212.3
1200	1325.4	1325.4	1326.3	1329.1	1331.6	1334.4
1300	1448.2	1448.2	1449.2	1452.1	1454.9	1457.9
1400	1572.4	1572.4	1573.4	1576.5	1579.4	1582.6
1500	1697.7	1697.7	1698.8	1701.9	1705.0	1708.4
1600	1823.9	1823.9	1825.0	1828.5	1831.5	1835.0
1700	1951.0	1951.0	1952.2	1955.6	1958.9	1962.5
1800	2079.0	2079.0	2080.2	2083.8	2087.1	2090.8
1900	2207.6	2207.6	2208.8	2212.5	2215.8	2219.6
2000	2336.9	2336.9	2338.0	2341.7	2345.2	2349.0
2100	2466.7	2466.7	2467.8	2471.5	2475.1	2478.9
2200	2596.9	2596.9	2598.0	2601.8	2605.4	2609.3
2300	2727.5	2727.5	2728.6	2732.5	2736.2	2740.1
2400	2858.7	2858.7	2859.8	2863.7	2867.4	2871.4
2500	2990.0	2990.0	2991.1	2995.1	2998.8	3002.8
2600	3121.8	3121.8	3122.8	3126.9	3130.7	3134.7
2700	3253.9	3253.9	3255.0	3259.0	3262.7	3266.8
2800	3386.2	3386.2	3387.4	3391.4	3395.1	3399.2
2900	3518.8	3518.8	3520.1	3524.0	3527.5	3531.6
3000	3651.6	3651.6	3652.9	3656.7	3660.3	3664.2

表 2.10.23 理想一氧化碳气体的比焓 单位：J/kg

温度/℃	h	温度/℃	h	温度/℃	h	温度/℃	h
0	16.770	400	434.36	700	758.69	1000	1104.8
100	122.29	500	540.31	800	871.60	1100	1224.8
200	226.24	600	648.31	900	987.03	1200	1346.5
300	329.93						

注：计算基准是 0K 时，$h=0$。

2.10.10 二 氧 化 碳

表 2.10.24 常压下二氧化碳气体的比焓

（1）温度单位为摄氏度 单位：J/mol

温度/℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h'（标准状态）/(kJ/m³)	温度/℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h'（标准状态）/(kJ/m³)
0	0	0	0	1400	1649.6	72599	3238.9
100	86.58	3811	170.0	1500	1784.4	78503	3503.1
200	182.0	8013	357.5	1600	1919.2	84490	3768.5
300	284.6	12527	558.9	1700	2055.7	90477	4036.5
400	393.1	17300	772.0	1800	2192.2	96506	4304.0
500	506.6	22286	994.4	1900	2329.1	102535	4576.2
600	623.8	27453	1224.6	2000	2466.9	108564	4844.1
700	744.8	32770	1462.0	2100	2605.0	114655	5116.3
800	868.3	38209	1704.9	2200	2743.2	120747	5388.4
900	993.9	43752	1952.3	2300	2882.2	126818	5656.4
1000	1122.5	49404	2203.5	2400	3020.4	132931	5928.5
1100	1252.3	55098	2458.5	2500	3158.9	139044	6204.8
1200	1383.7	60876	2716.4	3000	3858.6	169775	7573.9
1300	1516.0	66738	2976.8				

（2）温度单位为热力学温度 单位：J/mol

温度/K	273	291	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
h	0	656.07	912.3	986.83	4906.9	9211.0	13816	18669	23727	28956	34332	39829
温度/K	1200	1300	1400	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3500	4000
h	45.435	51.125	56.899	62.718	77.498	92.528	107.81	123.26	138.79	154.45	186.02	217.92

注：计算基准是 273K 时，$h=0$。

表 2.10.25 不同压强下二氧化碳气体的比焓 单位：kJ/kg

温度/K	压强/kPa							
	10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
200	135.09							
230	157.74	156.11	150.30	142.08				
260	181.37	180.18	176.25	172.28	168.12			
290	205.99	205.00	201.94	198.88	195.74			
320	231.55	230.79	228.31	225.83	223.31	194.72	158.74	110.47
350	258.00	257.37	255.35	253.28	251.21	228.74	203.22	174.36
380	285.28	284.75	283.06	281.32	279.58	260.65	241.20	220.04
410	313.35	312.89	311.48	310.00	308.50	293.21	277.03	260.09
440	342.16	341.77	340.49	339.25	337.97	324.79	311.32	297.18
470	371.64	371.29	370.17	369.10	367.99	356.58	344.89	332.29

续表

温度/K	压强/kPa							
	10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
500	400.64	401.43	400.49	399.56	398.60	388.42	378.18	366.21
530	432.50	432.21	431.34	430.55	429.69	420.79	411.64	400.81
560	463.81	463.57	462.82	462.04	461.29	453.66	445.33	435.74
590	495.68	495.43	494.77	494.06	493.40	486.72	479.26	470.72
620	528.04	527.79	527.21	526.63	526.01	519.92	513.51	505.68
650	560.91	560.74	560.20	559.58	559.12	554.02	547.80	540.90
680	594.19	594.07	593.57	593.07	592.58	587.78	582.56	576.16
710	627.94	627.77	627.32	626.90	626.53	622.23	617.45	611.67
740	662.10	661.98	661.56	661.15	660.74	656.93	652.71	647.29
770	696.60	696.52	696.10	695.81	695.45	691.76	688.26	683.20
800	731.52	731.44	731.06	730.77	730.45	727.22	723.93	719.31
950	910.92	910.88	910.67	910.51	910.31	908.43	906.52	903.15
1100	1097.1	1097.0	1097.0	1096.9	1096.8	1095.9	1094.7	1092.2
1250	1288.4	1288.4	1288.4	1288.4	1288.4	1288.0	1287.5	1285.6
1400	1483.9	1483.9	1483.9	1483.9	1483.9	1484.1	1484.0	1482.4
1500	1616.0	1616.0	1616.0	1616.1	1616.1	1616.6	1616.6	1615.3

表 2.10.26　理想二氧化碳气体的比焓　　单位：J/kg

温度/℃	*h*	温度/℃	*h*	温度/℃	*h*	温度/℃	*h*
0	19.868	400	320.57	700	636.11	1000	993.87
100	77.537	500	419.47	800	751.79	1100	1119.1
200	148.06	600	525.01	900	871.26	1200	1246.6
300	229.62						

注：计算基准是 0K 时，$h=0$。

表 2.10.27　常压下二氧化碳液体的比焓　　单位：kJ/kg

温度/℃	−28	−26	−24	−22	−20	−18	−16	−14	−12	−10
液体	−54.16	−50.66	−47.11	−43.53	−39.91	−36.23	−32.48	−28.68	−24.83	−20.9
温度/℃	−8	−6	−4	−2	0	2	4	6	8	10
液体	−16.9	−12.81	−8.644	−4.372	0	4.487	9.107	13.86	18.79	23.9
温度/℃	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
液体	29.22	34.8	40.69	46.94	53.63	60.93	69.05	78.35	89.66	105.6

注：计算基准为 0℃。

表 2.10.28　不同压强下二氧化碳液体的比焓　　单位：kJ/kg

温度/℃	压强/MPa								
	0.1	0.5	1	5	10	20	30	40	50
−50	666.5	657.9							
−25	686.6	680.2	671.6						
0	707.1	701.6	696.1						
25	728.1	724.2	719.1	665.8	470.5	470	461.7	465.3	460.8
50	749.4	746.0	742.2	703.3	612.6	521.8	512.3	508.1	508.2
100	794.6	792.1	788.7	764.8	726	646.5	612.4	601.6	595.2
200	890.1	888.4	886.7	872.1	854.3	819.3	790.7	770.8	760.1
300	992.7	991.8	990.5	980.8	969.2	947.5	930.7	916.3	905.6
400	1101	1101.1	1099	1093	1084	1070	1059	1049	1032
500	1215	1214	1213	1208	1203	1192	1184	1178	1173
600	1332	1331	1331	1327	1323	1316	1310	1306	1303
700	1453	1452	1452	1449	1446	1441	1438	1435	1434

表 2.10.29　液-气饱和二氧化碳的比焓　　单位：kJ/kg

项　目	温度/℃								
	－56.6	－55	－50	－47.5	－45	－42.5	－40	－37.5	－35
液体	301.45	304.38	314.05	318.95	323.64	328.33	333.23	337.96	342.48
气体	649.37	649.79	651.34	652.01	652.68	653.27	653.85	654.31	654.77
项　目	温度/℃								
	－32.5	－30	－27.5	－25	－22.5	－20	－17.5	－15	－12.5
液体	342.55	352.49	357.34	362.28	367.31	S72.32	377.57	382.84	388.33
气体	655.15	655.48	655.74	655.95	656.07	656.41	656.16	656.07	655.86
项　目	温度/℃								
	－10	－7.5	－5	－2.5	0	2.5	5	7.5	10
液体	393.94	399.76	405.74	411.90	418.68	426.38	431.66	438.69	445.89
气体	655.65	655.28	654.86	654.27	653.68	652.39	650.84	649.29	647.24
项　目	温度/℃								
	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	31
液体	453.01	460.97	468.50	477.30	488.51	497.39	610.79	527.12	558.94
气体	644.56	641.29	637.52	632.62	625.93	616.84	605.20	590.13	558.94

2.10.11　二 氧 化 硫

表 2.10.30　常压下二氧化硫气体的比焓　　单位：J/mol

温度/℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)	温度/℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)
0	0	0	0	900	697.10	44652	1992.1
100	63.47	4065	181.37	1000	782.93	50158	2237.8
200	132.14	8466	377.69	1100	870.02	55726	2487.0
300	205.45	13163	587.41	1200	956.69	61295	2734.0
400	259.32	18087	806.80	1500	1223.38	78377	3496.8
500	362.09	23195	1035.0	2000	1668.86	106931	4768.8
600	443.38	28412	1267.3	2500	2169.60	139002	6167.2
700	527.12	33762	1506.4	3000	2568.18	164641	7339.5
800	611.27	39154	1746.7				

表 2.10.31　理想二氧化硫气体的比焓　　单位：J/kg

温度/℃	比焓 h	温度/℃	比焓 h	温度/℃	比焓 h
0	3.578682	500	75.55352	900	209.6675
100	7.114366	600	104.6087	1000	248.2704
200	16.15544	700	137.1541	1100	287.7697
300	30.77162	800	172.4187	1200	327.9488
400	50.72805				

注：计算基准是 0K 时，$h=0$。

表 2.10.32　二氧化硫液体的比焓　　单位：kJ/kg

温度/℃	－40	－38	－36	－34	－32	－30	－28	－26	－24	－22
液体	0	2.425	4.879	7.364	9.884	12.45	15.09	17.76	20.41	22.98
温度/℃	－20	－18	－16	－14	－12	－10	－8	－6	－4	－2
液体	25.70	28.59	31.42	34.22	37.04	39.86	42.73	45.61	48.46	51.36.9
温度/℃	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
液体	54.23	57.14	60.07	62.97	65.90	68.83	71.73	74.71	77.57	80.5
温度/℃	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
液体	83.40	86.33	89.23	92.13	95.00	97.90	100.8	103.7	106.5	109.3

表 2.10.33　饱和二氧化硫的比焓

温度/℃	比焓/(kJ/kg) 液体	比焓/(kJ/kg) 气体	温度/℃	比焓/(kJ/kg) 液体	比焓/(kJ/kg) 气体	温度/℃	比焓/(kJ/kg) 液体	比焓/(kJ/kg) 气体	温度/℃	比焓/(kJ/kg) 液体	比焓/(kJ/kg) 气体
－50	350.393	774.181	－20	391.591	790.049	10	432.203	804.242	37.5	469.173	815.17
－47.5	353.826	775.563	－17.5	394.773	791.305	12.5	435.637	805.331	40	472.397	816.091
－45	357.302	776.903	－15	398.374	792.561	15	438.986	806.42	42.5	475.704	816.928
－42.5	360.609	778.284	－12.5	401.598	793.775	17.5	442.419	807.424	45	479.012	817.766
－40	364.252	779.624	－10	405.115	795.031	20	445.685	808.471	47.5	482.361	818.603
－37.5	367.434	780.964	－7.5	408.422	796.204	22.5	448.992	809.35	50	485.711	819.44
－35	371.118	782.304	－5	411.939	797.418	25	452.133	810.23	52.5	488.893	820.194
－32.5	374.258	783.601	－2.5	415.247	798.59	27.5	455.691	811.318	55	492.535	820.99
－30	377.942	784.899	0	418.68	799.763	30	459.083	812.407	57.5	495.843	821.743
－27.5	381.083	786.197	2.5	422.071	800.893	32.5	462.516	813.37	60	499.192	822.455
－25	384.767	787.495	5	425.504	802.065	35	465.823	814.291			
－22.5	387.907	788.793	7.5	428.854	803.154						

2.10.12　氨　　气

表 2.10.34　常压下氨气的比焓　　单位：kJ/kg

温度/℃	100	200	300	400	500	600	700
h	213.11	442.13	700.03	966.31	1250.2	1550.8	1868.6
温度/℃	800	900	1000	1500	2000	2500	3000
h	2201	2547.7	2919	4906.9	5756.9	6686.3	7557.2

表 2.10.35　不同压强下氨气的比焓　　单位：kJ/kg

温度/K	压强/kPa 0.1	1	10	20	30	40	50	55	60	65
300	2309.0	2254.6								
320	2350.9	2306.5	1198.0	1181.8	1199.4	1199.3	1206.6	1210.3	1213.6	1217.3
340	2394.5	2357.9	1295.3	1276.2	1291.1	1288.2	1992.6	1295.0	1297.5	1300.0
360	2439.3	2409.3	1398.4	1372.9	1384.0	1378.4	1380.2	1381.5	1382.7	1384.3
380	2484.9	2458.7	1516.3	1476.4	1481.2	1472.0	1470.4	1470.8	1471.1	1472.0
400	2530.9	2508.3	2053.2	1607.6	1577.6	1570.7	1565.2	1563.9	1563.3	1563.8
420	2577.0	2557.2	2292.6	1753.8	1688.6	1675.0	1664.2	1662.0	1660.2	1659.7
440	2623.5	2606.1	2390.1	1952.4	1815.7	1784.0	1767.9	1763.6	1760.5	1758.3
460	2670.8	2655.5	2472.8	2169.5	1964.0	1899.8	1874.7	1867.4	1861.8	1857.5
480	2718.9	2705.3	2548.6	2322.6	2116.6	2022.0	1982.9	1971.3	1962.3	1955.0
500	2767.9	2755.9	2619.4	2434.6	2255.0	2145.4	2090.9	2073.4	2060.0	2050.0
520	2817.7	2807.0	2688.2	2526.9	2372.8	2264.8	2196.1	2172.4	2155.5	2142.3
540	2868.4	2858.5	2754.5	2607.3	2471.5	2365.9	2294.0	2267.1	2247.2	2231.8
560	2919.5	2910.8	2818.5	2679.4	2556.5	2455.8	2384.3	2358.1	2335.9	2318.3
580	2971.4	2963.5	2881.8							

温度/K	压强/kPa 70	75	80	85	90	95	100	105	110
320	1220.7	1224.7	1228.5	1232.5	1236.6	1241.1	1245.9	1250.9	1255.9
340	1302.8	1305.7	1308.6	1311.8	1315.1	1318.7	1322.8	1326.9	1331.3
360	1386.3	1388.3	1390.8	1392.9	1395.6	1398.5	1401.7	1405.0	1408.3
380	1472.4	1473.5	1475.1	1477.1	1479.1	1481.5	1484.0	1486.7	1489.7
400	1562.9	1565.2	1567.3	1569.0	1569.2	1570.4	1572.1	1574.3	1576.8
420	1658.9	1659.1	1659.9	1661.0	1662.3	1663.8	1665.8	1667.6	1669.6
440	1756.9	1756.4	1756.3	1756.6	1757.8	1758.6	1760.1	1761.8	1763.6
460	1854.3	1852.5	1851.5	1851.4	1851.4	1851.4	1851.7	1852.1	1852.7
480	1949.7	1946.2	1943.5	1941.8	1940.1	1938.8	1937.8	1937.3	1937.2
500	2042.3	2036.2	2031.8	2028.4	2025.4	2022.8	2020.9	2019.6	2018.9
520	2131.8	2124.0	2117.6	2112.4	2108.1	2104.6	2101.6	2099.6	2098.6
540	2219.3	2209.4	2202.3	2194.4	2188.7	2184.3	2181.1	2178.9	2177.4
560	2303.6	2299.3	2244.8	2645.9	2378.9	2233.9	2272.1	2252.6	2255.1

表 2.10.36 理想氨气的比焓 单位：J/kg

温度/℃	h	温度/℃	h	温度/℃	h
0	33.434	500	1088.9	900	2222.0
100	228.68	600	1345.1	1000	2546.1
200	425.49	700	1619.9	1100	2883.4
300	631.39	800	1912.8	1200	3233.0
400	851.51				

注：计算基准 0K 时，$h=0$。

表 2.10.37 饱和氨的比焓

温度/℃	液体/(kJ/kg)	蒸气/(kJ/kg)	温度/℃	液体/(kJ/kg)	蒸气/(kJ/kg)	温度/℃	液体/(kJ/kg)	蒸气/(kJ/kg)
−70	108.44	157.31	−19	331.82	1657.2	16	493.44	1696.5
−68	116.82	1576.8	−18	336.34	1658.6	17	498.17	1697.3
−66	125.19	1580.2	−17	340.86	1660.0	18	502.90	1698.1
−64	133.98	1583.9	−16	345.43	1661.4	19	507.63	1698.9
−62	142.36	1587.3	−15	349.99	1662.7	20	512.41	1699.6
−60	151.15	1591.1	−14	354.56	1664.1	21	517.18	1700.3
−58	159.52	1594.4	−13	359.08	1665.4	22	521.95	1701.1
−56	168.32	1598.2	−12	363.64	1666.7	23	526.72	1701.7
−54	176.69	1601.5	−11	368.20	1668.0	24	531.50	1702.4
−52	185.07	1604.9	−10	372.77	1669.2	25	536.31	1703.1
−50	193.44	1608.2	−9	377.33	1670.5	26	541.13	1703.6
−48	202.65	1611.6	−8	381.90	1671.7	27	545.94	1704.2
−46	211.02	1614.9	−7	386.46	1673.0	28	550.76	1704.8
−44	219.82	1618.3	−6	391.07	1674.2	29	559.76	1705.4
−42	228.61	1621.6	−5	395.67	1675.4	30	560.39	1705.9
−40	237.82	1625.0	−4	400.24	1676.6	31	565.25	1706.4
−39	242.09	1626.6	−3	404.84	1677.7	32	570.10	1706.9
−38	246.53	1628.2	−2	409.45	1678.9	33	574.96	1707.4
−37	250.97	1629.9	−1	414.05	1680.0	34	579.82	1707.8
−36	255.45	1631.5	0	418.70	1681.2	35	584.71	1708.2
−35	259.93	1633.1	1	423.31	1682.3	36	589.61	1708.5
−34	264.41	1634.6	2	427.95	1683.3	37	594.51	1708.9
−33	268.85	1636.2	3	432.60	1684.4	38	599.41	1709.3
−32	273.33	1637.8	4	437.25	1685.5	39	604.35	1709.6
−31	277.81	1639.4	5	441.90	1686.5	40	609.29	1709.8
−30	282.29	1640.9	6	446.54	1687.5	41	614.23	1710.1
−29	286.77	1642.5	7	451.19	1688.5	42	619.17	1710.3
−28	291.25	1644.0	8	455.84	1689.5	43	624.11	1710.6
−27	295.73	1645.5	9	460.53	1690.4	44	629.05	1710.7
−26	300.25	1647.0	10	465.22	1691.4	45	634.04	1710.9
−25	304.73	1648.5	11	469.91	1692.3	46	639.02	1711.0
−24	309.25	1650.0	12	474.60	1693.1	47	644.00	1711.1
−23	313.73	1651.4	13	479.29	1694.0	48	648.99	1711.1
−22	318.25	1652.9	14	483.98	1694.9	49	654.01	1711.2
−21	322.78	1654.4	15	488.71	1695.7	50	659.03	1711.2
−20	327.30	1655.8						

表 2.10.38　过热氨蒸气在不同压强下的比焓　　单位：kJ/kg

温度/℃	压强/kPa							
	50	100	200	300	400	500	600	700
−40	1631.3							
−30	1652.9	1646.1						
−20	1674.3	1668.7						
−10	1695.5	1690.8						
0	1716.6	1712.5	1703.9	1694.7	1684.9			
10	1737.8	1734.3	1726.8	1718.8	1710.8	1702.2	1693.2	
20	1758.9	1755.8	1749.4	1742.7	1735.7	1728.4	1720.8	1713.0
30	1780.2	1777.4	1771.7	1765.8	1759.4	1753.5	1747.1	1740.4
40	1801.5	1799.1	1794.0	1788.8	1783.5	1778.0	1772.4	1766.6
50	1783.4	1821.4	1816.0	1811.7	1806.8	1801.9	1797.0	1792.0
60	1844.6	1842.6	1838.5	1834.3	1830.0	1825.6	1821.2	1816.8
70	1866.4	1864.5	1860.8	1857.0	1853.1	1849.2	1845.2	1841.2
80	1888.3	1886.6	1883.2	1879.7	1876.1	1872.6	1869.0	1865.3
90	1910.4	1908.8	1905.6	1902.4	1899.2	1895.9	1892.6	1889.3
100	1932.6	1931.2	1928.2	1925.3	1922.3	1919.3	1916.3	1913.2
110		1953.7	1950.9	1948.2	1945.5	1942.7	1939.9	1937.1
120			1963.3	1971.3	1968.7	1966.2	1963.6	1961.0
130			1975.7	1994.7	1992.1	1989.7	1987.3	1984.9
140			1998.7	2018.0	2015.5	2013.4	2011.1	2008.9
150						2037.4	2035.4	2033.4
160								2057.0

温度/℃	压强/kPa							
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
20	1713.0							
30	1740.4	1704.8	1726.4	1719.1	1711.5			
40	1766.6	1733.5	1754.6	1748.4	1742.1	1735.5	1728.8	1721.9
50	1792.0	1760.7	1781.6	1776.2	1770.7	1765.1	1759.4	1753.5
60	1816.8	1786.8	1807.6	1802.9	1789.1	1793.2	1788.3	1783.3
70	1841.2	1812.2	1833.0	1828.8	1824.6	1820.3	1815.9	1811.5
80	1865.3	1837.1	1858.0	1854.2	1850.4	1846.6	1842.7	1838.8
90	1889.3	1961.6	1882.6	1879.2	1875.8	1872.3	1868.9	1865.4
100	1913.2	1886.0	1907.1	1904.0	1900.9	1897.7	1894.6	1891.4
110	1937.1	1910.2	1931.5	1928.6	1925.8	1922.9	1920.0	1917.1
120	1961.0	1934.3	1955.8	1953.1	1950.5	1947.8	1945.2	1842.5
130	1984.9	1958.4	1980.1	1977.6	1975.2	1972.7	1970.3	1967.8
140	2008.9	1982.5	2004.4	2002.1	1999.8	1997.5	1995.3	1993.0
150	2033.4	2006.6	2029.3	2120.4	2049.1	2023.2	2021.1	2019.0
160	2057.0	2031.4	2053.1	2051.1	2049.1	2047.2	2045.2	2043.2
170		2055.1	2077.6	2075.7	2073.9	2072.0	2070.1	2068.3
180						2096.9	2095.0	2093.4

2.10.13 硫 化 氢

表 2.10.39 常压下硫化氢的比焓

（1）温度单位为摄氏度

温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)	温度 /℃	比焓 h /(kJ/kg)	摩尔焓 h_m /(kJ/kmol)	容积焓 h' (标准状态) /(kJ/m³)
0	0	0	0	700	803.08	27403	1222.1
100	100.90	3433.2	153.24	800	937.84	31987	1426.9
200	205.15	7000.3	312.34	900	1073.9	36664	1635.4
300	315.27	10727	578.55	1000	1218.4	41491	1850.6
400	432.08	14637	653.14	1100	1363.2	46423	2071.2
500	518.47	18715	835.27	1200	1507.2	51397	2293.1
600	673.24	22986	1024.9				

（2）温度单位为热力学温度　　单位：kJ/kg

温度/K	298.2	400	500	600	700	800	900	1000
h	9965	13105	16705	20470	24370	28390	32570	36890

表 2.10.40 理想硫化氢气体的比焓　　单位：J/kg

温度/℃	比焓 h	温度/℃	比焓 h	温度/℃	比焓 h	温度/℃	比焓 h
0	16.264	400	415.41	700	754.30	1000	1140.1
100	114.49	500	523.16	800	877.92	1100	1277.8
200	212.40	600	636.04	900	1006.6	1200	1419.3
300	312.18						

注：计算基准是 0K 时，$h=0$。

2.10.14 乙 硼 烷

表 2.10.41 乙硼烷在饱和状态时的比焓　　单位：J/mol

项目	温度/℃									
	130	140	150	160	170	175	180	185	190	195
液体	−12128	−11345	−10586	−9837.3	−8979	−8509.7	−8115.3	−7808.5	−7546.3	−7240.2
蒸气	4375.6	4721.5	5063.1	5397.6	5720.8	5877.4	6030.2	6178.9	6322.9	6461.9

项目	温度/℃									
	200	205	210	215	220	222	224	226	228	230
液体	−6746.6	−6333.8	−5921.4	−5493.9	−5066.9	−4892.3	−4716	−4538.5	−4359.7	−4179.3
蒸气	6595.9	6724	6846.7	6960.6	7071.1	7112.5	7152.3	7191.2	7228.1	7263.7

项目	温度/℃									
	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250
液体	−3997.1	−3813.3	−3627.9	−3440.7	−3251.5	−3060.6	−2867.1	−2671.6	−2473.6	−2273
蒸气	7298	7329.8	7360.4	7388.9	7415.7	7439.9	7461.7	7481	7497.7	7511.1

项目	温度/℃									
	252	254	256	258	260	262	264	266	268	270
液体	−2069.1	−1860.6	−1652.5	−1439.0	−1220.9	−998.13	−769.95	−535.91	−294.88	45.720
蒸气	7522	7528.7	7531.6	7530.4	7524.1	7512.8	7495.6	7471.8	7439.9	7398.9

项目	温度/℃									
	272	274	246	278	280	282	284	286	288	289.9
液体	206.16	482.91	766.6	1067.4	1390.0	1741.9	2135.3	2594.9	3185.4	4439.3
蒸气	7348.3	7284.6	7205.9	7108.8	6987.4	6833.3	6631.9	6353.1	5912.6	4439.3

表 2.10.42　乙硼烷气体在不同压强下的比焓　　单位：J/mol

温度/K	压强/kPa							
	10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
160	5451.2							
170	5837.2							
180	6232.8							
190	6638.0	6460.3						
200	7053.7	6899.6						
210	7481.6	7347.3	6849.7					
220	7922.1	7802.6	7779.4					
230	8375.8	8270.1	7894.4	7465.7				
240	8841.8	8749.3	8416.5	8046.8	7623.6			
250	9325.0	9240.7	8943.4	8619.2	8259.5			
260	9821.1	9744.2	9477.4	9189.5	8876.8			
270	10331	10262	10021	9762.1	9485.5			
273.2	10498	10428	10195	9944.0	9677.4			
280	10858	10794	10573	10342	10094			
290	11400	11341	11139	10927	10703			
298.2	11855	11799	11610	11412	11205	7902	3001	2152
300	11958	11904	11717	11523	11319	8176	3311	2423
320	13123	13076	12913	12745	12571	10359	6613	5096
340	14350	14308	14164	14018	13868	12094	9652	7660
360	15641	15602	15476	15345	15212	13723	11906	10137
380	16993	16959	16844	16728	16607	15312	13856	12393
400	18410	18377	18273	18167	18060	16917	15680	14460
420	19887	19859	19760	19662	19566	18538	17465	16422
440	21423	21397	21307	21217	21127	20196	19247	18331
460	23017	22994	22911	22824	22741	21904	21038	20226
480	24668	24645	24570	24491	24412	23635	22863	22127
500	26379	26354	26284	26210	26140	25427	24707	24044
520	28138	28116	28048	27984	27916	27236	26603	25987
540	29954	29936	29874	29807	29745	29134	28521	27964
560	31821	31803	31743	31683	31624	31045	30491	29974
580	33741	33722	33670	33613	33555	33014	32503	32019
600	35707	35692	35638	35584	35535	35034	34543	34100
650	40831	40821	40772	40730	40682	40236	39848	39466
700	46231	46218	46185	46144	46102	45740	45396	45079
750	51891	51887	51850	51817	51788	51469	51171	50912
800	57795	57786	57762	57720	57702	57479	57160	56962
850	63916	63912	63887	63882	63844	63539	63432	63206
900	70246	70238	70213	70200	70181	69965	69814	69646
950	76765	76757	76740	76724	76703	76539	76401	76262
1000	83451	83451	83435	83418	83402	83269	83146	83036
1100	97293	97293	97285	97276	97268	97177	97102	97041
1200	111679	111679	111679	111671	111662	111618	11584	111550
1300	126513	126513	126513	126513	126513	126504	126504	126505
1400	141744	141744	141757	141757	141756	141786	141803	141822
1500	157311	157311	157323	157323	157323	157381	157424	157470

2.10.15　其 他 气 体

表 2.10.43　二硫化碳和氧硫化碳气体的比焓　　单位：kJ/kg

名称	温度/℃					
	100	200	300	400	500	600
二硫化碳	61.295	127.36	196.79	268.62	342.27	417.76
氧硫化碳	70.966	148.45	23061	316.4	404.91	495.72

续表

名称	温度/℃					
	700	800	900	1000	1100	1200
二硫化碳	494.04	571.5	649.37	727.67	806.8	886.35
氧硫化碳	588.25	682.45	777.91	874.62	972.18	1070.6

表 2.10.44 其他气体的焓 单位：kJ/mol

项　目	空气	氧	臭氧	氮	氢	氩	氪	氖	氘	氙
25℃时理想气体标准生成焓	—	—	142.67	—	—	—	—	—	—	—
25℃时标准燃烧焓	—	—	−142.7	—	−241.8	—	—	—	−246.2	—
常规沸点下的汽化焓	6.005	6.785	13.85	5.568	0.897	6.438	9.081	1.719	1.182	12.622

项　目	氟	氯	氦-3	氦-4	氨	一氧化碳	二氧化碳	一氧化氮	一氧化二氮	二氧化氮	三氧化氮
25℃时理想气体标准生成焓	—	—	—	—	−45.90	−110.5	−393.5	90.25	82.05	33.18	82.84
25℃时标准燃烧焓	—	—	—	—	−316.83	−283.0	—	−90.25	−82.0482	−33.095	−82.843
常规沸点下的汽化焓	6.553	20.41	0.026	0.083	23.33	5.998	16.37	13.53	16.38	38.12	58.58

项　目	溴化氢	氟化氢	碘化氢	氰	氯化氰	氯化氢	硫化氢	硒化氢	二氧化氯	三氯化硼	三氟化硼
25℃时理想气体标准生成焓	−36.3	−273.3	26.5	309.1	137.9	−92.3	−20.63	29.7	102.5	−403.0	−1135.6
25℃时标准燃烧焓	−69.04	152.4	−116.2	−1096.1	−531.0	−28.6	−518.0	—	−102.5	—	—
常规沸点下的汽化焓	17.90	7.523	20.02	23.41	26.74	16.36	18.74	20.20	26.34	23.80	16.86

项　目	三氟化氮	乙硼烷	亚硝酰氯	磷化氢	氟化硫	二氧化硫	四氟化硅	硅烷	乙硅烷	二氯硅烷	三氯硅烷
25℃时理想气体标准生成焓	−132.1	35.6	51.76	22.89	−1220	−296.8	−1615	34.31	80.30	−320.5	—
25℃时标准燃烧焓	0	−2000	−51.7566	−1260	924	—	705.5	−1427	−2620	−830.8	—
常规沸点下的汽化焓	11.57	14.30	24.86	14.58	17.07	25.20	15.50	12.12	21.23	25.14	26433

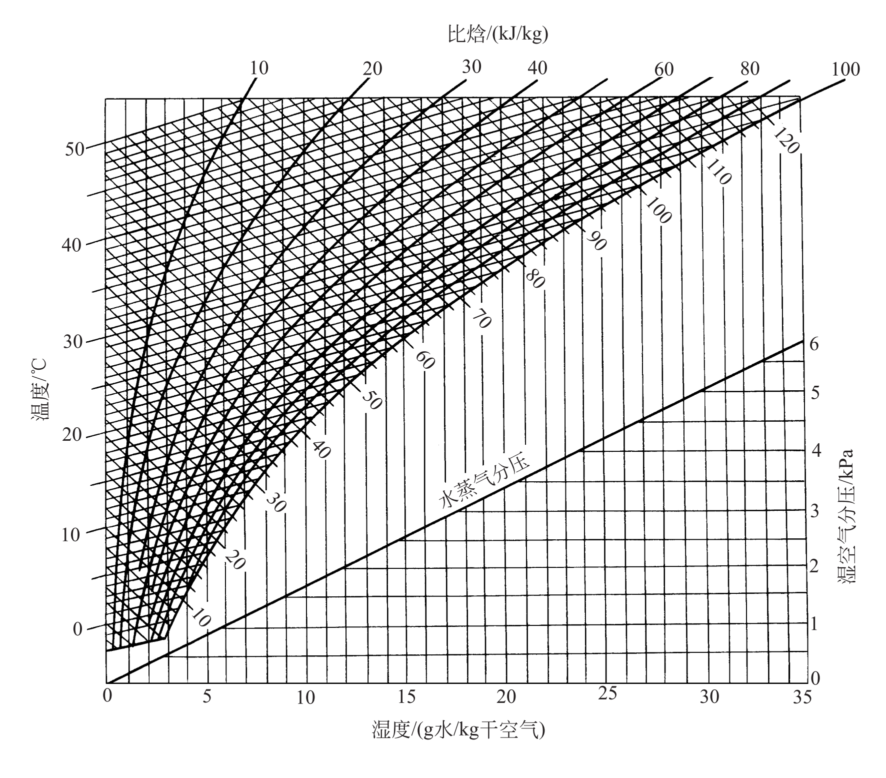


图 2.16 烟道气中湿空气的湿度和比焓

烟道气成分（体积分数%）：O_2 2.5%～4.5%；CO_2 12%～14.5%；N_2 77%。

烟道气分压：101.3kPa。平均相对分子质量：31

2.11　比　　熵

气体的定压摩尔比熵计算式：

$$s=s_0+A\times \text{In}T+0.001BT-50000CT^{-2}+0.5\times10^{-6}DT^2 \quad \text{J/(mol·K)}$$

式中，A、B、C、D 和 s_0 的数值见 2.10 节“气体的定压摩尔焓计算式”。

2.11.1　空　　气

表 2.11.1　空气在常压下的比熵

（1）温度单位为热力学温度　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	s''	温度/K	s''	温度/K	s''	温度/K	s''	温度/K	s''
100	1.4143	340	2.6412	570	3.1686	800	3.5312	1060	3.8478
110	1.5098	350	2.6704	580	3.1868	810	3.5449	1080	3.8694
120	1.5971	360	2.6987	590	3.2047	820	3.5584	1100	3.8906
130	1.6773	370	2.7264	600	3.2223	830	3.5718	1120	3.9116
140	1.7515	380	2.7534	610	3.2397	840	3.5850	1140	3.9322
150	1.8206	390	2.7796	620	3.2569	850	3.5981	1160	3.9525
160	1.8853	400	2.8052	630	3.2738	860	3.6111	1180	3.9725
170	1.9461	410	2.8302	640	3.2905	870	3.6240	1200	3.9922
180	2.0033	420	2.8547	650	3.3069	880	3.6367	1220	4.0117
190	2.0575	430	2.8786	660	3.3232	890	3.6493	1240	4.0308
200	2.1088	440	2.9020	670	3.3392	900	3.6619	1260	4.0497
210	2.1577	450	2.9249	680	3.3551	910	3.6743	1280	4.0684
220	2.2043	460	2.9473	690	3.3707	920	3.6865	1300	4.0868
230	2.2489	470	2.9693	700	3.3861	930	3.6987	1320	4.1049
240	2.2915	480	2.9909	710	3.4014	940	3.7108	1340	4.1229
250	2.3325	490	3.0120	720	3.4156	950	3.7227	1360	4.1406
260	2.3717	500	3.0328	730	3.4314	960	3.7346	1380	4.1580
270	2.4096	510	3.0532	740	3.4461	970	3.7468	1400	4.1753
280	2.4461	520	3.0733	750	3.4607	980	3.7580	1420	4.1923
290	2.4813	530	3.0930	760	3.4751	990	3.7695	1440	4.2092
300	2.5153	540	3.1124	770	3.4894	1000	3.7810	1460	4.2258
310	2.5483	550	3.1314	780	3.5035	1020	3.8030	1480	4.2422
320	2.5802	560	3.1502	790	3.5174	1040	3.8259	1500	4.2585
330	2.6111								

（2）温度单位为摄氏度　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
s	0	0.3127	0.5543	0.7542	0.9244	1.0718	1.2058	1.3281	1.4398	1.5437	1.6400	1.7300	1.8146
温度/℃	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
s	1.8933	1.9695	2.0411	2.1089	2.1872	2.2853	2.2948	2.3517	2.4062	2.4585	2.5251	2.5581	2.6054

表 2.11.2　空气在不同压强下的比熵　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	压强/MPa													
	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2	3	4	6	8	10	12	14	16
100	2.7696	2.5642	2.2594											
120	2.9603	2.7563	2.4724	2.2313	2.0558		0.7874	0.7368	0.6827	0.6484	0.6228	0.6000	0.5791	0.5611
140	3.1201	2.9220	2.6407	2.4173	2.2694	2.1547	1.9574	1.7503	1.2560	1.1345	1.0689	1.0204	0.9821	0.9482

续表

温度/K	压强/MPa													
	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2	3	4	6	8	10	12	14	16
160	3.2575	3.0353	2.7821	2.5695	2.4308	2.3316	2.1741	2.0437	1.8049	1.6109	1.4848	1.3979	1.3332	1.2818
180	3.3737	3.3763	2.9132	2.6897	2.5746	2.4710	2.3300	2.2192	2.0417	1.8972	1.7767	1.6820	1.6070	1.5472
200	3.4848	3.2850	3.0152	2.9338	2.6898	2.5854	2.4612	2.3528	2.1971	2.0740	1.9710	1.8851	1.8126	1.7521
220	3.5811	3.3821	3.1135	2.9092	2.7841	2.6952	2.5648	2.4680	2.3210	2.2091	2.1169	2.0380	1.9697	1.9114
240	3.6690	3.4700	3.2026	2.9996	2.8754	2.7880	2.6606	2.5670	2.4271	2.3222	2.2362	2.1635	2.1000	2.0447
260	3.7494	3.5508	3.2839	3.0821	2.9591	2.8725	2.7475	2.6557	2.5210	2.4204	2.3390	2.2700	2.2104	2.1536
280	3.8239	3.6253	3.3592	3.1579	3.0356	2.9504	2.8266	2.7368	2.6051	2.5077	2.4296	2.3640	2.3068	2.2565
300	3.8934	3.6948	3.4291	3.2282	3.1068	3.0223	2.8999	2.8108	2.6816	2.5867	2.5115	2.4480	2.3932	2.3447
320	3.9583	3.7597	3.4940	3.2943	3.1733	3.0889	2.9672	2.8794	2.7523	2.6599	2.5859	2.5244	2.4710	2.4245
340	4.0195	3.8208	3.5555	3.3563	3.2353	3.1512	3.0304	2.9438	2.8180	2.7268	2.6545	2.5943	2.5424	2.4968
360	4.0772	3.8786	3.6133	3.4145	3.2939	3.2099	3.0898	3.0037	2.8795	2.7895	2.7185	2.6591	2.6085	2.5637
380	4.1317	3.9330	3.6686	3.4693	3.3491	3.2655	3.1463	3.0602	2.9372	2.8481	2.7783	2.7193	2.6695	2.6260
400	4.1836	3.9850	3.7205	3.5216	3.4015	3.3186	3.1995	3.1138	2.9915	2.9037	2.8341			
450	4.3029	4.1043	3.8402	3.6414	3.5220	3.4393	3.3213	3.2364	3.1158	3.0300	2.9618			

温度/K	压强/MPa													
	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120
120	0.5448	0.5301	0.5047	0.4879										
140	0.9199	0.8963	0.8526	0.8237										
160	1.2392	1.2043	1.1395	1.0938	1.0616	1.0380	1.0182	1.0015						
180	1.4967	1.4551	1.3743	1.3146	1.3151	1.0774	1.1979	1.1929	1.1299					
200	1.7000	1.6557	1.5665	1.4994	1.4492	1.4096	1.3764	1.3478	1.2993	1.2586	1.2238			
220	1.8610	1.8176	1.7271	1.6562	1.6028	1.5595	1.5229	1.4914	1.4381	1.3944	1.3569			
240	1.9958	1.9528	1.8631	1.7925	1.7369	1.6916	1.6529	1.6193	1.5631	1.5166	1.4767	1.4423	1.4111	
260	2.1100	2.0700	1.9807	1.9122	1.8531	1.8123	1.7643	1.8106	1.6927	1.6218	1.5877	1.5504	1.5183	
280	2.2118	2.1719	2.0871	2.0180	1.9624	1.9153	1.8754	1.8399	1.7790	1.7291	1.6867	1.6502	1.6173	1.5579
300	2.3016	2.2631	2.1807	2.1131	2.0581	2.0120	1.9718	1.9358	1.8737	1.8229	1.7794	1.7420	1.7090	1.6491
320	2.3827	2.3454	2.2653	2.1995	2.1460	2.0999	2.0597	2.0237	1.9613	1.9093	1.8652	1.8275	1.7937	1.7334
340	2.4562	2.4202	2.3426	2.2781										
360	2.5243	2.4892	2.4169	2.3520										
380	2.5875	2.5531	2.4789	2.4173										

注：横线上方为液态，下方为气态。

表 2.11.3 空气在饱和线上的比熵 单位：kJ/(kg·K)

项目	压强/kPa											
	100	200	300	500	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	3773
液体	0	0.1419	0.2323	0.3555	0.4469	0.5599	0.7143	0.8456	0.9624	1.0770	1.2004	1.4164
气体	2.5581	2.4317	2.3186	2.2454	2.1761	2.0887	1.9855	1.8962	1.8096	1.7535	1.6344	1.4164

表 2.11.4 理想空气的比绝对熵 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	6.7757	250	7.4339	550	7.9166	850	8.2683
25	6.8635	300	7.5287	600	7.9819	900	8.3190
50	6.9445	350	7.6165	650	8.0442	950	8.3679
100	7.0894	400	7.6984	700	8.1038	1000	8.4152
150	7.2168	450	7.7753	750	8.1609	1100	8.5051
200	7.3306	500	7.8478	800	8.2156	1200	8.5894

注：t=0K，p_0=101.3kPa 时。

2.11.2 氧　　气

表 2.11.5　理想氧气的比熵　　　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
100	5.569012	400	6.725349	700	7.259883	1000	7.632560
200	6.126268	500	6.931361	800	7.396726	1100	7.735416
300	6.470554	600	7.106488	900	7.520222	1200	7.830240

注：1. 计算基准为 0K，101.3kPa 时，$s=0$。

2. 0℃时，其值为 3.811871kJ/(kg·℃)。

表 2.11.6　理想氧气的绝对熵　　　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	6.3307	300	7.0310	650	7.5253	1000	7.8793	1700	8.3832	2400	8.7486
25	6.4109	350	7.1148	700	7.5824	1100	7.9646	1800	8.4417	2500	8.7939
50	6.4850	400	7.1933	750	7.6370	1200	8.0444	1900	8.4978	2600	8.8378
100	6.6184	450	7.2671	800	7.6894	1300	8.1196	2000	8.5517	2700	8.8804
150	6.7367	500	7.3368	850	7.7396	1400	8.1907	2100	8.6035	2800	8.9218
200	6.8434	550	7.4028	900	7.7879	1500	8.2580	2200	8.6535	2900	8.9621
250	6.9409	600	7.4656	950	7.8344	1600	8.3221	2300	8.7018	3000	9.0013

注：$p_0=101.3$kPa 时。

表 2.11.7　常压下饱和氧的比熵

温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.0000	0.000	0.0000	1600	1.9866	63.577	2.8361
100	0.2826	9.084	0.4038	1700	2.0478	65.532	2.9232
200	0.5085	16.262	0.7252	1800	2.1064	67.399	3.0065
300	0.6958	22.265	0.9931	1900	2.1695	69.195	3.0869
400	0.8583	27.465	1.2251	2000	2.2161	70.920	3.1640
500	1.0019	32.054	1.4298	2100	2.2680	72.578	3.2377
600	1.1304	36.114	1.6136	2200	2.3178	74.173	3.3083
700	1.2472	39.917	1.7806	2300	2.3884	75.718	3.3779
800	1.3540	43.333	1.9330	2400	2.4192	77.213	3.4445
900	1.4528	46.488	2.0737	2500	2.4581	78.662	3.5094
1000	1.5441	49.413	2.2044	2600	2.5020	80.060	3.5718
1100	1.6295	52.128	2.3258	2700	2.5447	81.425	3.6325
1200	1.7091	54.692	2.3498	2800	—	—	—
1300	1.7844	57.100	2.5472	2900	—	—	—
1400	1.8556	59.373	2.6486	3000	2.7214	87.044	3.8895
1500	1.9926	61.525	2.7444				

项　目	温度/K										
	70	80	90	90.18	100	110	120	130	140	150	154.77①
液体	80.39	87.33	93.88	93.94	99.74	105.1	110.2	115.1	120.2	126.4	134.9
气体	185.9	176.5	169.7	169.6	164.5	160.2	156.5	152.8	148.9	143.5	134.9

① 临界点。

表 2.11.8　不同压强下氧气的比熵　　单位：kJ/(kg・K)

温度/K	压强/kPa					
	10	100	1000	4000	7000	10000
100	6.0153	5.4143	5.0836			
150	6.3854	5.7903	5.0945			
200	6.6475	6.0538	5.3991	5.2338	4.1302	4.5873
250	6.8510	6.2581	5.6096	5.4722	4.4085	4.9171
300	7.0180	6.4252	5.7804	5.6547	4.6026	5.1262
350	7.1604	6.5679	5.9248	5.8052	4.7598	5.2889
400	7.2851	6.6927	6.0508	5.9350	4.8931	5.4256
500	7.4978	6.9062	6.2656	6.1536	5.1170	5.6524
600	7.6783	7.0862	6.4460	6.3367	5.3015	5.8394
700	7.8353	7.2432	6.6034	6.4949	5.4609	6.0002
800	7.9747	7.3827	6.7429	6.6356	5.6024	6.1421
900	8.0999	7.5078	6.8685	6.7616	5.7288	6.2693
1000	8.2142	7.6221	6.9828	6.8759	5.8435	6.3845
1100	8.3189	7.7268	7.0874	6.9810	5.9490	6.4900
1200	8.4152	7.8231	7.1841	7.0778	6.0456	6.5871
1300	8.5052	7.9131	7.2737	7.1677	6.1357	6.6771
1400	8.5889	7.9969	7.3579	7.2519	6.2198	6.7613
1500	8.6672	8.0756	7.4362	7.3304	6.2991	6.8403

2.11.3　氮　　气

表 2.11.9　常压下氮气的比熵

温度/℃	比熵 s/[kJ/(kg・℃)]	摩尔熵 s_m/[kJ/(kmol・℃)]	容积熵 s'(标准状态)/[kJ/(m³・℃)]	温度/℃	比熵 s/[kJ/(kg・℃)]	摩尔熵 s_m/[kJ/(kmol・℃)]	容积熵 s'(标准状态)/[kJ/(m³・℃)]
0	0	0	0	1400	2.0222	56.659	2.5276
100	0.3245	9.090	0.4057	1500	2.0955	58.707	2.6193
200	0.5728	16.048	0.7159	1600	2.1654	60.663	2.7063
300	0.7762	21.742	0.9701	1700	2.9320	62.530	2.7897
400	0.9496	26.607	1.1870	1800	2.2956	64.309	2.8692
500	1.1024	30.886	1.3779	1900	2.3563	66.013	2.9450
600	1.2397	34.725	1.5491	2000	2.4145	67.646	3.0178
700	1.3645	38.221	1.7053	2100	2.4706	69.212	3.0878
800	1.4788	41.433	1.8485	2200	2.5242	70.723	3.1552
900	1.5851	44.405	1.9812	2300	2.5761	72.176	3.2201
1000	1.6835	47.168	2.1043	2400	2.6264	73.575	3.2825
1100	1.7760	49.760	2.2198	2500	2.6745	74.927	3.3427
1200	1.8627	52.193	2.3283	3000	2.8763	80.554	3.5923
1300	1.9448	54.483	2.4309				

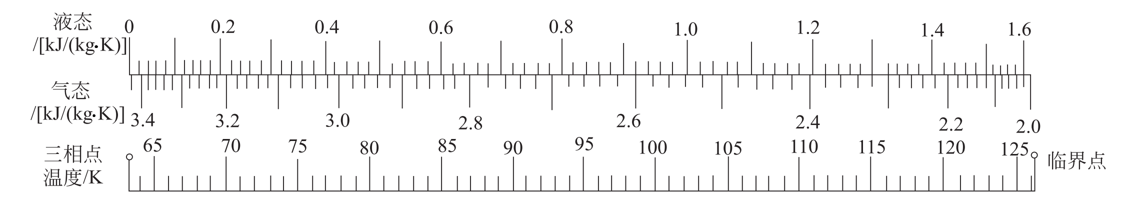


图 2.17　常压下氮气的比熵

表 2.11.10　不同压强下氮气的比熵　　　　单位：kJ/(kg・K)

温度/K	压强/kPa						
	100	400	700	1000	4000	7000	10000
100	5.6949	5.2338					
150	6.1234	5.7040	5.4836	5.4057	4.8887	4.1392	
200	6.4240	6.0100	5.7979	5.7231	5.2871	4.9486	4.8559
250	6.6568	6.2448	6.0348	5.9621	5.5504	5.2408	5.1771
300	6.8468	6.4357	6.2269	6.1555	5.7546	5.4559	5.4032
350	7.0072	6.5973	6.3891	6.3179	5.9231	5.6307	5.5826
400	7.1466	6.7371	6.5293	6.4586	6.0674	5.7788	5.7337
450	7.2701	6.8607	6.6530	6.5825	6.1939	5.9076	5.8646
500	7.3811	6.9716	6.7643	6.6942	6.3074	6.0221	5.9810
550	7.4824	7.0729	6.8656	6.7956	6.4099	6.1259	6.0860
600	7.5753	7.1663	6.9590	6.8889	6.5044	6.2215	6.1818
650	7.6620	7.2529	7.0457	6.9756	6.5915	6.3094	6.2705
700	7.7428	7.3338	7.1267	7.0568	6.6732	6.3913	6.3530
750	7.8190	7.4104	7.2032	7.1330	6.7481	6.4689	6.4311
800	7.8914	7.4824	7.2753	7.2054	6.8226	6.5417	6.5037
900	8.0250	7.6159	7.4089	7.3390	6.9570	6.6765	6.6389
1000	8.1468	7.7378	7.5309	7.4612	7.0793	6.7990	6.7602
1100	8.2590	7.8500	7.6431	7.5734	7.1919	6.9116	6.8751
1200	8.3633	7.9542	7.7473	7.6777	7.2962	7.0163	6.9798
1300	8.4600	8.0514	7.8445	7.7748	7.3933	7.1128	7.0771
1400	8.5508	8.1422	7.9354	7.8657	7.4845	7.2049	7.1685
1500	8.6367	8.2276	8.0207	7.9511	7.5700	7.2901	7.2543

表 2.11.11　理想氮气的比熵　　　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	3.467541	400	6.773115	700	7.351498	1000	7.747735
100	5.457236	500	6.999129	800	7.496608	1100	7.858582
200	6.096218	600	7.187998	900	7.627723	1200	7.961588
300	6.488050						

注：计算基准为 0K，101.3kPa 时，$s=0$。

表 2.11.12　理想氮气的绝对熵　　　　单位：kJ/(kg・K)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	6.7482	500	7.8497	1100	8.5220	2100	9.2140
25	6.8392	550	7.9199	1200	8.6086	2200	9.2676
50	6.9229	600	7.9866	1300	8.6901	2300	9.3192
100	7.0726	650	8.0502	1400	8.7673	2400	9.369
150	7.2037	700	8.1111	1500	8.8405	2500	9.417
200	7.3207	750	8.1694	1600	8.9101	2600	9.463
250	7.4267	800	8.2254	1700	8.9764	2700	9.508
300	7.5237	850	8.2793	1800	9.0397	2800	9.552
350	7.6135	900	8.3313	1900	9.1002	2900	9.594
400	7.6971	950	8.3814	2000	9.1583	3000	9.635
450	7.7756	1000	8.4298				

注：$p_0=101.3$kPa 时。

2. 11. 4　氢　　气

表 2. 11. 13　理想氢气的比熵　　　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	25.857	300	65.766	500	72.824	800	79.493	1100	84.155
100	51.705	400	69.714	600	75.392	900	81.197	1200	85.466
200	60.360								

注：计算基准为 0K，101.3kPa 时，s=0。

表 2. 11. 14　饱和氢的比熵　　　　单位：kJ/(kg・K)

项　目	温度/K										
	63.15	65	70	77.36	80	90	100	103.95	110	120	125
液体	0.000	0.059	0.212	0.418	0.487	0.729	0.955	1.043	1.180	1.419	1.595
气体	3.421	3.352	3.189	2.994	2.934	2.739	2.571	2.507	2.407	2.206	2.034

注：63.15K 为三相点，126.2K 为临界点。

表 2. 11. 15　不同压强下氢气的比熵　　　　单位：kJ/(kg・K)

温度	压强/kPa				
/K	1	10	100	1000	10000
50	64.246	54.742	45.196	35.296	23.017
100	69.709	60.205	50.688	41.065	30.602
150	74.524	65.020	55.512	45.958	36.047
200	78.292	68.788	59.284	49.755	40.039
250	81.369	71.865	62.361	52.845	43.216
300	83.957	74.457	64.953	55.441	45.862
350	86.180	76.676	67.172	57.664	48.114
400	88.110	78.606	69.102	59.598	50.061
450	89.814	80.314	70.810	61.306	51.781
500	91.346	81.885	72.339	62.838	53.318
550	92.732	83.232	73.728	64.224	54.712
600	94.001	84.497	74.993	65.489	55.981

2. 11. 5　氩　　气

表 2. 11. 16　不同压强下氩气的比熵　　　　单位：kJ/(kg・K)

温度	压强/kPa				温度	压强/kPa			
/K	10	100	500	1000	/K	10	100	500	1000
150	3.5122	2.5914	2.1449	2.0000	400	4.0215	3.5473	3.1961	3.0404
200	3.6587	3.2338	2.7738	2.5372	500	4.1379	3.6612	3.3187	3.1693
300	3.8714	3.4028	3.0343	2.8661	600	4.2330	3.7549	3.4183	3.2730

表 2. 11. 17　理想氩气的绝对熵　　　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	3.8304	500	4.3718	1000	4.6314	2100	4.9554
25	3.8760	550	4.4045	1100	4.6708	2200	4.9768
50	3.9179	600	4.4351	1200	4.7073	2300	4.9974
100	3.9928	650	4.4641	1300	4.7415	2400	5.0174
150	4.0582	700	4.4916	1400	4.7735	2500	5.0365
200	4.1163	750	4.5178	1500	4.8037	2600	5.0548
250	4.1687	800	4.5426	1600	4.8323	2700	5.0726
300	4.2162	850	4.5661	1700	4.8593	2800	5.0899
350	4.2597	900	4.5887	1800	4.8850	2900	5.1065
400	4.2999	950	4.6105	1900	4.9096	3000	5.1226
450	4.3370						

注：p_0=101.3kPa 时。

2.11.6　一 氧 化 氮

表 2.11.18　常压下一氧化氮的比熵

（1）温度单位为摄氏度

温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s' (标准状态) /[kJ/(m³·℃)]	温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s' (标准状态) /[kJ/(m³·℃)]
0	0.0000	0.000	0.0000	1600	2.0892	62.889	2.7968
100	0.3107	9.332	0.4162	1700	2.1524	64.590	2.8818
200	0.5489	16.479	0.7352	1800	2.2127	66.528	2.9626
300	0.7435	22.370	0.9981	1900	2.2705	68.132	3.0400
400	0.9136	27.419	1.2234	2000	2.3258	69.790	3.1187
500	1.0622	31.878	1.4223	2100	2.3789	71.389	3.1849
600	1.1958	35.885	1.6010	2200	2.4304	72.930	3.2536
700	1.3172	39.536	1.7639	2300	2.4798	74.408	3.3197
800	1.4290	42.885	1.9129	2400	2.5272	75.836	3.3834
900	1.6315	45.967	2.0507	2500	2.5732	77.213	3.4449
1000	1.6266	48.827	2.1784	2600	2.6172	78.540	3.5039
1100	1.7158	51.489	2.2969	2700	2.6599	79.821	3.5613
1200	1.7995	53.997	2.4087	2800	2.7013	81.061	3.6166
1300	1.8789	56.354	2.5138	2900	2.7415	82.962	3.6701
1400	1.9523	58.578	2.6134	3000	2.7805	83.435	3.7225
1500	2.0226	60.688	2.7022				

（2）温度单位为热力学温度　　　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	0	50	100	150	200	250	298.2	300	400	500
s	0	129.00	176.98	189.85	198.73	205.48	210.76	210.95	219.54	226.29
温度/K	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
s	231.92	236.79	241.11	245.01	248.57	251.84	254.86	257.67	260.29	262.76
温度/K	1750	2000	2250	25000	2750	3000	3500	4000	4500	5000
s	268.32	273.20	277.54	281.46	285.02	288.29	294.11	299.18	303.69	307.75

表 2.11.19　常压下一氧化二氮的比熵

温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s' (标准状态) /[kJ/(m³·℃)]	温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s' (标准状态) /[kJ/(m³·℃)]
0	0.0000	0.000	0.0000	700	1.3498	59.411	2.6507
100	0.2851	12.556	0.5602	800	1.4750	64.937	2.8964
200	0.5204	22.910	1.0290	900	1.5914	70.045	3.1250
300	0.7243	31.878	1.1223	1000	1.6998	74.818	3.3381
400	0.9048	39.816	1.7765	1100	1.8016	79.298	3.5374
500	1.0668	46.976	2.0947	1500	2.2106	97.343	4.3417
600	1.2217	53.800	2.3995				

2.11.7　一 氧 化 碳

表 2.11.20　常压下一氧化碳的比熵

（1）

温度 /℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	温度 /℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.0000	0.000	0.0000	1400	2.0419	57.192	2.5514
100	0.3249	9.102	0.4061	1500	2.1160	59.264	2.6440
200	0.5744	16.086	0.7176	1600	2.1863	61.236	2.7319
300	0.7792	21.826	0.9738	1700	2.2533	63.116	2.8160
400	0.9550	26.745	1.1932	1800	2.3174	64.908	2.8960
500	1.1099	31.087	1.3867	1900	2.3785	66.625	2.9722
600	1.2489	34.985	1.5608	2000	2.4371	68.270	3.0459
700	1.3758	38.531	1.7199	2100	2.4937	69.848	3.1162
800	1.4918	41.788	1.8644	2200	2.5477	71.364	3.1836
900	1.5994	44.803	1.9988	2300	2.6000	72.825	3.2490
1000	1.6994	47.604	2.1240	2400	2.6502	74.232	3.3118
1100	1.7932	50.225	2.2408	2500	2.6988	75.593	3.3725
1200	1.8807	52.683	2.3505	3000	2.9098	81.433	3.6341
1300	1.9636	55.002	2.4539				

（2）　　单位：kJ/(kg·℃)

项　目	温度/℃													
	−140.2	−145	−150	−155	−160	−165	−170	−175	−180	−185	−190	−195	−200	−205
液体	4.4661	4.1269	3.9815	3.8582	3.7588	3.6563	3.5521	3.4199	3.2962	3.1765	3.0487	2.9139	2.7716	2.6210
气体	4.4661	4.8005	4.9320	5.0272	5.0972	5.1614	5.2330	5.3020	5.3899	5.4957	5.6134	5.7403	5.8934	6.0772

表 2.11.21　不同压强下一氧化碳气体的比熵　　单位：kJ/(kg·K)

温度 /K	压强/kPa										
	1	10	40	70	100	400	700	1000	4000	7000	10000
220	8.0114	7.3333	6.9130	6.7575	6.6231	6.1113	6.0281	5.9286			
240	8.1102	7.4321	7.0118	6.8563	6.7223	6.2124	6.1298	6.0317			
260	8.2007	7.5225	7.1027	6.9475	6.8132	6.3028	6.2230	6.1257			
280	8.2840	7.6246	7.1864	7.0299	6.8981	6.3874	6.3115	6.2140	5.3351		
300	8.3614	7.6870	7.2635	7.1078	6.9742	6.4754	6.3924	6.2954	5.7498	5.6460	5.5284
320	8.4331	7.7549	7.3350	7.1799	7.0459	6.5496	6.4655	6.3686	5.8272	5.7275	5.6137
340	8.5000	7.8219	7.4024	7.2469	7.1133	6.7648	6.5469	6.4188	6.3257	5.6936	5.6909
360	8.5637	7.8834	7.4656	7.3108	7.1572	6.6514	6.6156	6.4960	5.9819	5.8706	5.7626
380	8.6231	7.9445	7.5251	7.3700	7.2360	6.7407	6.6572	6.5612	6.0276	5.9354	5.8286
400	8.6797	8.0015	7.5816	7.4269	7.2930	6.7966	6.7148	6.6186	6.0861	5.9965	5.8908
420	8.7332	8.0551	7.6352	7.4801	7.3465	6.8516	6.7678	6.6726	6.1420	6.0529	5.9494
440	8.7847	8.1062	7.6867	7.5316	7.3980	6.9034	6.8197	6.7242	6.1936	6.1081	6.0045
460	8.8337	8.1551	7.7357	7.5806	7.4470	6.9528	6.8688	6.7739	6.2459	6.1584	6.0575
480	8.8806	8.2025	7.7830	7.6275	7.4939	7.0009	6.9159	6.8212	6.2951	6.2074	6.1075
500	8.9254	8.2472	7.8278	7.6723	7.5387	7.0457	6.9611	6.8664	6.3399	6.2546	6.1545
520	8.9685	8.2904	7.8709	7.7158	7.5822	7.0884	7.0044	6.9099	6.3858	6.2991	6.2007

续表

温度/K	压强/kPa										
	1	10	40	70	100	400	700	1000	4000	7000	10000
540	9.0108	8.3327	7.9132	7.7581	7.6241	7.1301	7.0475	6.9522	6.4276	6.3434	6.2444
560	9.0510	8.3729	7.9534	7.7983	7.6643	7.1699	7.0876	6.9924	6.4675	6.3848	6.2861
580	9.0904	8.4118	7.9918	7.8408	7.3191	6.5882	7.4906	6.9269	6.8213	6.4246	6.3273
600	9.1281	8.4495	8.0300	7.8753	7.7414	7.2465	7.1649	7.0694	6.5465	6.4636	6.3661
620	9.1649	8.4863	8.0669	7.9122	7.7782	7.2833	7.2018	7.1066	6.5848	6.5008	6.4043
640	9.2005	8.5223	8.1029	7.9482	7.8142	7.3194	7.2378	7.1426	6.6208	6.5376	6.4416
660	9.2352	8.5571	8.1376	7.9829	7.8490	7.3541	7.2729	7.1774	6.6544	6.5740	6.4770
680	9.2692	8.5910	8.1691	8.0167	7.8832	7.3815	7.3082	7.2117	6.6894	6.6079	6.5119
700	9.3022	8.6241	8.2046	8.0495	7.9159	7.4221	7.3389	7.2445	6.7226	6.6414	6.5457
720	9.3345	8.6563	8.2369	8.0817	7.9482	7.4543	7.3711	7.2767	6.7548	6.6740	6.5784
740	9.3659	8.6877	8.2683	8.1131	7.9796	7.4861	7.4030	7.3081	6.7863	6.7067	6.6105
760	9.3964	8.7183	8.2988	8.1437	8.0101	7.5167	7.4336	7.3391	6.8179	6.7373	6.6420
780	9.4266	8.7484	8.3290	8.1743	8.0403	7.5454	7.4643	7.3692	6.8484	6.7678	6.6725
800	9.4563	8.7777	8.3583	8.2036	8.0700	7.5754	7.4936	7.3990	6.8770	6.7979	6.7022
900	9.4848	8.8066	8.3872	8.2325	8.0985	7.6036	7.5225	7.4274	6.9471	6.8312	6.7249
1000	9.6204	8.9423	8.5228	8.3677	8.2341	7.7407	7.6579	7.5635	7.0422	6.9640	6.8693
1100	9.7444	9.0662	8.6468	8.4916	8.3580	7.8646	7.7815	7.6870	7.1674	7.0885	6.9944
1200	9.8582	9.1797	8.7602	8.6055	8.4715	7.9771	7.8959	7.8012	7.2827	7.2028	7.1089
1300	9.9444	9.2850	8.8659	8.7107	8.5780	8.0826	8.0015	7.9067	7.3882	7.3083	7.2152
1400	10.0617	9.3835	8.9641	8.8090	8.6754	8.1824	8.0997	8.0052	7.4855	7.4079	7.3138
1500	10.1538	9.4757	9.0562	8.9011	8.7675	8.2745	8.1914	8.0973	7.5791	7.4992	7.4065
1600	10.2405	9.5619	9.1425	8.9878	8.8542	8.3600	8.2782	8.1840	7.6646	7.5866	7.4936
1700	103217	9.6435	9.2241	9.0690	8.9354	8.4424	8.3593	8.2652	7.7474	7.6680	7.5752
1800	10.3988	9.7206	9.3012	9.1464	9.0125	8.5180	8.4373	8.3426	7.8236	7.7453	7.6523
1900	10.4720	9.7939	9.3744	9.2193	9.0857	8.5927	8.5096	8.4155	7.8977	7.8183	7.7255
2000	10.6077	9.9295	9.5101	9.3550	9.2214	8.7283	8.6456	8.5477	8.0258	7.9593	7.8599
2200	10.7316	10.0534	9.6340	9.4789	9.3453	8.8523	8.7692	8.6750	8.1577	8.0783	7.9855
2400	10.8455	10.1673	9.7479	9.5932	9.4592	8.9647	8.8840	8.7893	8.2707	8.1929	8.0998
2600	10.9510	10.2724	9.8530	9.6983	9.5647	9.0705	8.9887	8.8945	8.3755	8.2979	8.2053
2800	11.0490	10.3708	9.9514	9.7962	9.6626	9.1287	9.0827	8.9975	8.3547	8.4261	8.3059

表 2.11.22　理想一氧化碳气体的比熵　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
100	6.1058	400	7.4227	700	8.0063	1000	8.4085
200	6.7452	500	7.6500	800	8.1535	1100	8.5209
300	7.1370	600	7.8407	900	8.2867	1200	8.6252

注：1. 计算基准为 0K，101.3kPa 时，$s=0$。

2. 0℃时，$s=4.1036$。

表 2.11.23　理想一氧化碳气体的绝对熵　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	6.9652	500	8.0750	1100	8.7582	2100	9.4587
25	7.0563	550	8.1463	1200	8.8460	2200	9.5129
50	7.1401	600	8.2142	1300	8.9287	2300	9.5650
100	7.2901	650	8.2789	1400	9.0069	2400	9.6153
150	7.4218	700	8.3408	1500	9.0810	2500	9.6638
200	7.5396	750	8.4001	1600	9.1514	2600	9.7107
250	7.6464	800	8.4571	1700	9.2185	2700	9.7561
300	7.7444	850	8.5119	1800	9.2825	2800	9.8001
350	7.8352	900	8.5646	1900	9.3437	2900	9.8427
400	7.9201	950	8.6155	2000	9.4024	3000	9.8841
450	7.9998	1000	8.6647				

注：$p_0=101.3$kPa 时。

2.11.8 二 氧 化 碳

表 2.11.24 常压下二氧化碳气体的比熵

温度 /℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	温度 /℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.0000	0.000	0.0000	1400	1.9916	87.789	3.9163
100	0.2692	11.853	0.5288	1500	2.0729	91.226	4.0700
200	0.4957	21.813	0.9730	1600	2.1470	94.492	4.2157
300	0.6921	30.363	1.3590	1700	2.2177	97.607	4.3547
400	0.8662	38.129	1.7011	1800	2.2856	100.592	4.4878
500	1.0233	45.033	2.0092	1900	2.3501	103.427	4.6143
600	1.1660	51.313	2.2893	2000	2.4120	106.152	4.7357
700	1.2971	57.074	2.5464	2100	2.4715	108.765	4.8525
800	1.4177	62.396	2.7838	2200	2.5284	111.277	4.9647
900	1.5303	67.340	3.0044	2300	2.5833	113.693	5.0723
1000	1.6349	71.950	3.2100	2400	2.6364	116.020	5.1761
1100	1.7329	76.271	3.4026	2500	2.6871	118.265	5.2762
1200	1.8254	80.332	3.5839	3000	2.9266	128.786	5.7485
1300	1.9125	84.163	3.7547				

表 2.11.25 不同压强下二氧化碳气体的比熵

（1）温度单位为热力学温度　　　　单位：kJ/(kg·K)

温度 /K	压强/kPa 10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
200	4.9793							
230	5.0848	4.6487	4.3604	4.2506				
260	5.1815	4.7468	4.4688	4.3611	4.2534			
290	5.2711	4.8368	4.5621	4.4581	4.3537			
320	5.3549	4.9213	4.6491	4.5449	4.4545	4.0698	3.9304	3.7494
350	5.4336	5.0009	4.7299	4.6269	4.5377	4.1694	4.0650	3.9427
380	5.5085	5.0758	4.8057	4.7035	4.6151	4.2579	4.1688	4.0665
410	5.5797	5.1470	4.8777	4.7763	4.6884	4.3388	4.2598	4.1687
440	5.6475	5.2148	4.9459	4.8450	4.7578	4.4143	4.3404	4.2561
470	5.7124	5.2797	5.0112	4.9107	4.8240	4.4841	4.4140	4.3334
500	5.7404	5.3418	5.0739	4.9734	4.8885	4.5473	4.4837	4.4031
530	5.8343	5.4020	5.1339	5.0338	4.9475	4.6126	4.5474	4.4706
560	5.8916	5.4593	5.1912	5.0915	5.0053	4.6719	4.6101	4.5345
590	5.9469	5.5150	5.2469	5.1472	5.0614	4.7298	4.6687	4.5953
620	6.0005	5.5682	5.3005	5.2008	5.1153	4.7860	4.7248	4.6535
650	6.0524	5.6201	5.3524	5.2527	5.1672	4.8391	4.7788	4.7086
680	6.1022	5.6703	5.4027	5.3030	5.2175	4.8902	4.8311	4.7617
710	6.1508	5.7189	5.4512	5.3519	5.2665	4.9387	4.8816	4.8128
740	6.1981	5.7658	5.4985	5.3993	5.3138	4.9871	4.9302	4.8621
770	6.2437	5.8114	5.5442	5.4449	5.3594	5.0336	4.9772	4.9093
800	6.2881	5.8562	5.5885	5.4897	5.4043	5.0772	5.0231	4.9554
950	6.4937	6.0618	5.7945	5.6957	5.6103	5.2855	5.2324	5.1663
1100	6.6754	6.2435	5.9762	5.8774	5.7923	5.4691	5.4158	5.3510
1250	6.8387	6.4068	6.1399	6.0407	5.9556	5.6340	5.5800	5.5156
1400	6.9861	6.5542	6.2873	6.1885	6.1034	5.7809	5.7285	5.6642
1500	7.0773	6.6454	6.3782	6.2797	6.1943	5.8703	5.8202	5.7556

（2）温度单位为摄氏度　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	压强/MPa								
	0.1	0.5	1	5	10	20	30	40	50
−50	5.6585	5.3604							
−25	5.7389	5.4562	5.3043						
0	5.8122	5.5419	5.3930						
50	5.9461	5.6917	5.5541	5.1309	4.7745	4.4674	4.3951	4.3527	4.3275
100	6.0685	5.8229	5.6907	5.2981	5.1231	4.8233	4.6863	4.6205	4.5743
200	6.2775	6.0522	5.9233	5.5636	5.4235	5.2331	5.1145	5.0256	4.9659
300	6.4577	6.2513	6.1201	5.7816	5.6424	5.4851	5.3843	5.3025	5.0929
400	6.6211	6.4231	6.2916	5.9622	5.8281	5.6857	5.5885	5.5197	5.4620
500	6.7789	6.5801	6.4486	6.1212	5.9932	5.8544	5.7605	5.6982	5.6422
600	6.9292	6.7244	6.5923	6.2656	6.1401	6.0007	5.9167	5.8528	5.8011
700	7.0676	6.8500	6.7261	6.3918	6.2753	6.1343	6.0542	5.9909	5.9408

注：以上两表出处不同，故有差异。

表 2.11.26　理想二氧化碳气体的比熵　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	*s*	温度/℃	*s*	温度/℃	*s*	温度/℃	*s*
100	4.17640	400	5.16157	700	5.72638	1000	6.14183
200	4.60621	500	5.37354	800	5.87723	1100	6.25920
300	4.91323	600	5.55978	900	6.01504	1200	6.36842

注：计算基准为 0K，101.3kPa 时，$s=0$。

表 2.11.27　理想二氧化碳气体的绝对熵　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	*s*	温度/℃	*s*	温度/℃	*s*	温度/℃	*s*
0	4.7840	500	5.8096	1100	6.5214	2100	7.2628
25	4.8566	550	5.8828	1200	6.6140	2200	7.3203
50	4.9256	600	5.9527	1300	6.7013	2300	7.3757
100	5.0538	650	6.0197	1400	6.7839	2400	7.4292
150	5.1716	700	6.0840	1500	6.8623	2500	7.4808
200	5.2806	750	6.1458	1600	6.9308	2600	7.5307
250	5.3823	800	6.2053	1700	7.0079	2700	7.5790
300	5.4776	850	6.2626	1800	7.0758	2800	7.6258
350	5.5674	900	6.3179	1900	7.1407	2900	7.6711
400	5.6523	950	6.3713	2000	7.2030	3000	7.7152
450	5.7329	1000	6.4230				

注：$p_0=101.3$kPa 时。

表 2.11.28　饱和二氧化碳的比熵　　单位：kJ/(kg·℃)

项　目	温度/℃									
	−100	−95	−90	−85	−80	−75	−70	−65	−60	−56.6
固态	2.510	2.543	2.575	2.606	2.637	2.670	2.704	2.743	2.786	2.816
蒸气	5.891	5.815	5.743	5.675	5.609	5.547	5.486	5.426	5.367	5.327

项　目	温度/℃								
	−55	−50	−45	−40	−35	−30	−25	−20	−15
液态	3.733	3.776	3.818	3.859	3.900	3.939	3.978	3.998	4.057
蒸气	5.317	5.288	5.261	5.235	5.210	5.185	5.161	5.138	5.115

项　目	温度/℃									
	−10	−5	0	5	10	15	20	25	30	31.04
液态	4.098	4.141	4.187	4.230	4.278	4.329	4.383	4.450	4.544	4.647
蒸气	5.092	5.070	5.047	5.018	4.989	4.955	4.913	4.850	4.752	4.647

表 2.11.29 二氧化碳液体的比熵 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	−28	−26	−24	−22	−20	−18	−16	−14
液体	−0.2087	−0.1947	−0.1807	−0.1663	−0.1516	−0.1372	−0.1226	−0.1079

温度/℃	−12	−10	−8	−6	−4	−2	0
液体	−0.09298	−0.07786	−0.06282	−0.04768	−0.03205	−0.01591	0
温度/℃	2	4	6	8	10	12	14
液体	0.01658	0.03317	0.05012	0.06774	0.0861	0.1048	0.1242

温度/℃	16	18	20	22	24	26	28	30
液体	0.1448	0.1663	0.1891	0.2141	0.2415	0.2728	0.3104	0.3634

2.11.9 二 氧 化 硫

表 2.11.30 常压下二氧化硫气体的比熵

温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.0000	0.000	0.000	900	1.0823	69.333	3.094
100	0.1959	12.560	0.561	1000	1.1530	73.855	3.295
200	0.3601	23.069	1.030	1100	1.2188	78.084	3.483
300	0.4999	32.029	1.428	1200	1.2803	82.019	3.659
400	0.6234	39.942	1.784	1500	1.4654	93.826	4.187
500	0.7330	47.018	2.098	2000	1.6831	107.97	4.815
600	0.8332	53.382	2.382	2500	1.8631	119.41	5.326
700	0.9286	59.201	2.638	3000	2.0139	129.08	5.761
800	1.0065	64.477	2.876				

表 2.11.31 理想二氧化硫气体的比熵 单位：kJ/(kg·K)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	2.150263	500	4.001267	900	4.541722
100	3.075450	600	4.150034	1000	4.658914
200	3.415011	700	4.288216	1100	4.769964
300	3.648625	800	4.418342	1200	4.874556
400	3.837201				

注：计算基准为 0K，101.3kPa 时，$s=0$。

表 2.11.32 饱和二氧化硫的比熵 单位：kJ/(kg·℃)

项 目	温度/℃									
	−40	−38	−36	−34	−32	−30	−28	−26	−24	−22
液体	0.0000	0.0101	0.0202	0.0305	0.0409	0.0513	0.0620	0.0727	0.0833	0.0938
蒸气	1.7820	1.7713	1.7608	1.7505	1.7403	1.7302	1.7202	1.7104	1.7007	1.6909
项 目	温度/℃									
	−20	−18	−16	−14	−12	−10	−8	−6	−4	−2
液体	0.1047	0.1158	0.1268	0.1376	0.1486	0.1594	0.1704	0.1812	0.1920	0.2027
蒸气	1.6814	1.6723	1.6630	1.6537	1.6447	1.6356	1.6266	1.6176	1.6087	1.5999
项 目	温度/℃									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
液体	0.2135	0.2242	0.2349	0.2455	0.2562	0.2667	0.2771	0.2875	0.2979	0.3081
蒸气	1.5911	1.5824	1.5737	1.5650	1.5564	1.5479	1.5393	1.5308	1.5223	1.5139
项 目	温度/℃									
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
液体	0.3183	0.3284	0.3384	0.3484	0.3580	0.3676	0.3773	0.3869	0.3961	0.4054
蒸气	1.5055	1.4971	1.4887	1.4804	1.4719	1.4634	1.4551	1.4467	1.4383	1.4298

注：计算基准为−40℃时，$s=0$。

表 2.11.33　理想二氧化硫气体的绝对比熵　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
0	3.8206	500	4.5585	1100	5.0482	2100	5.5432
25	3.8744	550	4.6098	1200	5.1106	2200	5.5813
50	3.9251	600	4.6586	1300	5.1692	2300	5.6180
100	4.0187	650	4.7052	1400	5.2245	2400	5.6534
150	4.1039	700	4.7497	1500	5.2769	2500	5.6877
200	4.1823	750	4.7923	1600	5.3266	2600	5.7207
250	4.2553	800	4.8332	1700	5.3739	2700	5.7528
300	4.3234	850	4.8724	1800	5.4190	2800	5.7838
350	4.3874	900	4.9102	1900	5.4622	2900	5.8140
400	4.4476	950	4.9465	2000	5.5035	3000	5.8432
450	4.5046	1000	4.9816				

注：p_0＝101.3kPa 时。

2.11.10　氦　　气

表 2.11.34　理想氦气的比熵　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	s	温度/℃	s	温度/℃	s
100	9.474743	500	12.56977	900	14.17210
200	10.68284	600	13.02160	1000	14.50716
300	11.45957	700	13.43374	1100	14.82325
400	12.06090	800	13.81545	1200	15.12277

注：1. 计算基准为 0K，101.3kPa 时，s＝0。
2. t＝0℃时，s＝5.772035kJ/(kg・℃)。

表 2.11.35　不同压强下氦气的比熵　　单位：kJ/(kg・K)

温度/K	压强/MPa 0	1	5	10	20	30	40	50	55	60
300	11.31	10.04	6.932	6.119	6.087	6.065	6.030	6.008	6.006	5.968
320	11.44	10.21	7.185	6.399	6.360	6.321	6.285	6.255	6.249	6.210
340	11.57	10.37	7.428	6.692	6.645	6.589	6.549	6.512	6.501	6.463
360	11.70	10.52	7.662	6.992	6.919	6.849	6.801	6.759	6.744	6.702
380	11.82	10.66	7.909	7.314	7.197	7.104	7.044	6.993	6.979	6.933
400	11.93	10.79	8.623	8.677	7.526	7.341	7.298	7.241	7.218	7.171
420	12.05	10.91	8.959	9.256	7.874	7.619	7.542	7.488	7.466	7.415
440	12.16	11.03	9.114	9.487	8.350	7.920	7.826	7.741	7.709	7.655
460	12.26	11.14	9.228	9.669	8.828	8.264	8.095	7.977	7.940	7.882
480	12.36	11.25	9.339	9.834	9.189	8.599	8.365	8.213	8.167	8.102
500	12.47	11.35	9.452	9.979	9.417	8.891	8.619	8.436	8.377	8.309
520	12.56	11.44	9.560	10.11	9.596	9.125	8.846	8.647	8.579	8.500
540	12.66	11.54	9.674	10.24	9.750	9.312	9.047	8.840	8.764	8.680
560	12.75	11.64	9.783	10.34	9.883	9.470	9.215	9.125	8.912	8.847
580	12.87	11.73	9.890							

续表

温度/K	压强/MPa									
	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
300	6.181	6.214	6.188	6.175	6.161	6.149	6.137	6.124	6.115	6.107
320	6.428	6.457	6.431	6.418	6.404	6.389	6.375	6.363	6.351	6.338
340	6.665	6.691	6.662	6.644	6.630	6.615	6.598	6.585	6.570	6.554
360	6.900	6.922	6.889	6.871	6.853	6.837	6.820	6.803	6.790	6.778
380	7.130	7.153	7.119	7.101	7.080	7.063	7.046	7.030	7.013	6.999
400	7.369	7.388	7.353	7.336	7.315	7.294	7.277	7.257	7.241	7.229
420	7.608	7.623	7.584	7.562	7.541	7.517	7.498	7.479	7.460	7.446
440	7.833	7.841	7.798	7.776	7.747	7.725	7.701	7.682	7.664	7.644
460	8.048	8.050	8.005	7.974	7.944	7.919	7.894	7.872	7.852	7.833
480	8.248	8.243	8.194	8.163	8.130	8.099	8.074	8.049	8.027	8.008
500	8.435	8.423	8.371	8.335	8.305	8.272	8.242	8.214	8.187	8.168
520	8.609	8.591	8.535	8.498	8.465	8.432	8.398	8.368	8.342	8.318
540	8.781	8.642	8.666	8.657	8.614	8.579	8.548	8.520	8.490	8.461

表 2.11.36 过热氨蒸气的比熵 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	压强/kPa						
	50	100	200	300	400	500	600
−40	9.6263						
−30	9.7170	9.3543					
−20	9.8032	9.4451					
−10	9.8852	9.5308	9.1631				
0	9.9638	9.6119	9.2500	9.0236	8.8542		
10	10.0397	9.6900	9.3319	9.1120	8.9488	8.8159	8.7012
20	10.1134	9.7650	9.4103	9.1940	9.0354	8.9068	8.7975
30	10.1846	9.8375	9.4853	9.2725	9.1164	8.9914	8.8855
40	10.2541	9.9079	9.5575	9.3463	9.1977	9.0137	9.2813
50	10.3215	9.9762	9.6275	9.4180	9.2663	9.1458	9.0451
60	10.3872	10.0427	9.6953	9.4871	9.3371	9.2180	9.1190
70	10.4518	10.1076	9.7611	9.5542	9.4055	9.2876	9.1900
80	10.5149	10.1709	9.8256	9.6195	9.4717	9.3552	9.2582
90	10.5766	10.2329	9.8880	9.6833	9.5358	9.4201	9.3246
100	10.6369	10.2936	9.9496	9.7452	9.5987	9.4839	9.3886
110		10.3530	10.0099	9.8061	9.6598	9.5455	9.4511
120			10.0685	9.8655	9.7198	9.6062	9.5119
130			10.1263	9.9238	9.7788	9.6653	9.5719
140				9.9807	9.8363	9.7235	9.6301
150						9.7800	9.6870

温度/℃	压强/kPa							
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
20	8.7011	8.6138						
30	8.7934	8.7105	8.6346	8.5642	8.4980			
40	7.5636	8.7027	9.4482	8.5180	8.6243	8.5381	8.4820	8.4284
50	8.9583	8.8808	8.8107	8.7467	8.6870	8.6314	8.5782	8.5284
60	9.0338	8.9582	8.8902	8.8279	8.7703	8.7170	8.6663	8.6190
70	9.1060	9.0318	8.9653	8.9045	8.8490	8.7968	8.7480	8.7023
80	9.1752	9.1023	9.0372	8.9775	8.9230	8.8726	8.8250	8.7805
90	9.2423	9.1702	9.1061	9.0477	8.9939	8.9444	8.8982	8.8550
100	9.3073	9.2360	9.1723	9.1148	9.0619	9.0132	8.9679	8.9255
110	9.3702	9.2998	9.2369	9.1798	9.1278	9.0800	9.0355	8.9934
120	9.4319	9.3619	9.2994	9.2432	9.1916	9.1442	9.1001	9.0591
130	9.4922	9.4222	9.3606	9.3048	9.2536	9.2066	9.1631	9.1230
140	9.5509	9.4817	9.4201	9.3648	9.3140	9.2674	9.2243	9.1847
150	9.6083	9.5396	9.4783	9.4231	9.3732	9.3270	9.2842	9.2443
160	9.6648	9.5962	9.5354	9.4804	9.4306	9.3849	9.3425	9.3031
170			9.5911	9.5366	9.4871	9.4415	9.3995	9.3600
180						9.4971	9.4551	9.4159

表 2.11.37　饱和氨的比熵　　　　单位：kJ/(kg・℃)

温度/℃	状态		温度/℃	状态		温度/℃	状态	
	液体	气体		液体	气体		液体	气体
−70	2.880	10.09	−19	3.859	9.075	16	4.451	8.613
−68	2.920	10.04	−18	3.877	9.060	17	4.468	8.601
−66	2.962	9.987	−17	3.894	9.045	18	4.484	8.589
−64	3.003	9.937	−16	3.912	9.030	19	4.500	8.577
−62	3.044	9.889	−15	3.929	9.015	20	4.516	8.566
−60	3.084	9.842	−14	3.947	9.001	21	4.532	8.555
−58	3.124	9.795	−13	3.965	8.987	22	4.548	8.544
−56	3.163	9.749	−12	3.982	8.973	23	4.564	8.532
−54	3.202	9.705	−11	3.999	8.959	24	4.580	8.521
−52	3.241	9.663	−10	4.017	8.944	25	4.596	8.510
−50	3.300	9.621	−9	4.034	8.930	26	4.612	8.498
−48	3.321	9.550	−8	4.051	8.917	27	4.627	8.487
−46	3.358	9.540	−7	4.068	8.903	28	4.643	8.476
−44	3.396	9.501	−6	4.085	8.889	29	4.659	8.465
−42	3.435	9.463	−5	4.102	8.876	30	4.675	8.454
−40	3.473	9.425	−4	4.120	8.863	31	4.691	8.443
−39	3.492	9.406	−3	4.137	8.849	32	4.707	8.432
−38	3.511	9.404	−2	4.154	8.836	33	4.722	8.421
−37	3.530	9.370	−1	4.170	8.824	34	4.738	8.410
−36	3.548	9.352	0	4.187	8.810	35	4.753	8.399
−35	3.567	9.334	1	4.204	8.797	36	4.769	8.389
−34	3.586	9.317	2	4.220	8.784	37	4.784	8.378
−33	3.605	9.300	3	4.237	8.771	38	4.800	8.367
−32	3.623	9.283	4	4.254	8.759	39	4.815	8.356
−31	3.642	9.266	5	4.271	8.741	40	4.831	8.346
−30	3.660	9.249	6	4.287	8.734	41	4.846	8.335
−29	3.680	9.232	7	4.304	8.721	42	4.862	8.325
−28	3.718	9.216	8	4.321	8.709	43	4.877	8.314
−27	3.726	9.200	9	4.337	8.696	44	4.893	8.304
−26	3.734	9.184	10	4.353	8.684	45	4.908	8.293
−25	3.752	9.168	11	4.370	8.672	46	4.923	8.282
−24	3.770	9.150	12	4.386	8.660	47	4.939	8.272
−23	3.788	9.136	13	4.403	8.648	48	4.954	8.262
−22	3.806	9.121	14	4.419	8.636	49	4.969	8.251
−21	3.824	9.105	15	4.435	8.624	50	4.984	8.240
−20	3.842	9.090						

2.11.11　乙　硼　烷

表 2.11.38　乙硼烷气体的比熵　　　　单位：J/(mol・K)

温度/K	压强/kPa							
	10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
160	222.823							
170	225.152							
180	227.409							
190	229.600	210.252						
200	231.717	212.457						

续表

温度/K	压强/kPa 10	100	400	700	1000	4000	7000	10000
210	233.807	214.607	201.504					
220	235.846	216.695	203.774					
230	237.862	218.722	206.302	202.109				
240	239.851	220.719	208.523	203.766	198.945			
250	241.815	222.719	210.489	206.497	122.051			
260	243.761	224.682	212.519	208.597	124.210			
270	245.692	226.620	214.507	210.643	126.291			
273.16	246.299	227.236	215.130	211.282	127.000			
280	247.605	228.550	216.478	212.655	128.370			
290	249.510	230.464	218.416	214.626	130.396			
298.16	251.051	232.001	220.097	215.587	211.666	194.740	188.550	184.250
300	251.398	232.353	220.449	215.943	212.026	195.263	189.249	185.006
320	255.149	236.113	224.248	219.924	215.931	199.585	195.677	191.449
340	258.867	239.839	228.001	223.553	219.709	204.385	200.565	196.701
360	262.556	243.532	231.710	227.282	223.452	208.369	205.042	201.365
380	266.215	247.195	235.381	230.966	227.156	212.240	209.151	205.965
400	269.845	250.821	239.015	234.609	230.806	216.013	213.084	209.763
420	273.446	254.426	242.624	238.230	234.425	219.673	216.898	213.667
440	277.017	258.001	246.204	241.805	238.019	223.367	220.590	217.470
460	280.559	261.547	249.754	245.360	241.570	226.949	224.260	221.176
480	284.072	265.056	253.267	248.877	245.091	230.507	227.859	224.821
500	287.555	268.543	256.763	252.373	248.587	234.034	231.413	228.403
520	291.009	271.997	260.213	255.835	252.046	237.484	234.936	231.944
540	294.438	275.422	263.642	259.260	255.482	240.965	238.398	235.441
560	297.830	278.818	267.045	262.664	258.878	244.378	241.845	238.898
580	301.200	282.188	270.408	266.026	262.244	247.764	245.241	242.318
600	304.529	285.517	273.740	269.362	265.589	251.125	248.605	245.696
650	312.735	293.719	281.946	277.573	273.795	259.347	256.885	253.999
700	320.736	301.724	289.951	285.578	281.805	267.391	264.941	262.082
750	328.548	309.536	297.764	293.398	289.626	275.207	272.801	269.961
800	336.160	317.148	305.384	301.010	297.248	282.890	280.435	277.633
850	343.583	324.579	312.803	308.441	304.670	290.278	287.915	285.100
900	350.814	331.806	320.042	315.676	311.908	297.550	295.171	292.370
950	357.860	338.856	327.088	322.727	318.955	304.586	302.250	299.453
1000	364.722	345.710	333.954	329.589	325.828	311.507	309.121	306.352
1100	377.911	358.907	347.139	342.777	339.013	324.690	322.359	319.596
1200	390.425	371.417	359.653	355.296	351.536	337.222	334.901	332.157
1300	402.299	383.291	371.535	367.178	363.418	349.126	346.809	344.071
1400	413.586	394.583	382.827	378.462	374.704	360.446	358.107	355.385
1500	424.325	405.313	393.558	389.201	385.448	371.187	368.864	366.154

表 2.11.39　乙硼烷在饱和状态时的比熵　　单位：J/(mol·℃)

项目	温度/℃ 130	140	150	160	170	175	180	185	190	195
液体	103.19	109.02	114.30	119.20	123.84	126.09	128.32	130.51	132.69	134.84
蒸气	230.14	223.78	218.62	214.41	210.69	209.32	208.07	206.86	205.68	204.58
项目	温度/℃ 200	205	210	215	220	222	224	226	228	230
液体	136.99	139.12	141.25	143.38	145.53	146.39	147.25	148.10	148.97	149.62
蒸气	203.70	202.91	202.06	201.38	200.70	200.46	200.23	200.01	199.79	199.59

续表

项目	温度/℃									
	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250
液体	150.71	151.58	152.46	153.35	154.22	155.13	156.03	156.94	157.85	158.78
蒸气	199.40	199.20	199.02	198.85	198.68	198.50	198.35	198.21	198.06	197.92
项目	温度/℃									
	252	254	256	258	260	262	264	266	268	270
液体	159.73	160.68	161.65	162.63	163.64	164.66	165.72	166.80	167.92	169.09
蒸气	197.78	197.65	197.52	197.40	197.27	197.15	197.03	196.91	196.78	196.66
项目	温度/℃									
	272	274	276	278	280	282	284	286	288	289.9
液体	170.30	171.58	172.93	174.39	175.96	177.72	179.73	182.15	185.45	193.91
蒸气	196.53	196.40	196.27	196.12	195.95	195.77	195.56	195.29	194.92	193.91

2.11.12 硫化氢

表 2.11.40 常压下硫化氢气体的比熵

（1）温度单位为摄氏度

温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]	温度/℃	比熵 s /[kJ/(kg·℃)]	摩尔熵 s_m /[kJ/(kmol·℃)]	容积熵 s'（标准状态）/[kJ/(m³·℃)]
0	0.0000	0.000	0.0000	700	1.4068	48.023	2.1436
100	0.3098	10.509	0.4689	800	1.5407	52.503	2.3404
200	0.5568	18.966	0.8457	900	1.6622	56.689	2.5288
300	0.7662	26.084	1.1639	1000	1.7794	60.625	2.7047
400	0.9504	32.364	1.4444	1100	1.8882	64.351	2.8721
500	1.1179	38.058	1.6998	1200	1.9887	67.868	3.0271
600	1.2686	43.250	1.9301				

（2）温度单位为热力学温度　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	298.2	400	500	600	700	800	900	1000
s	205.8	215.0	223.2	230.2	236.1	241.7	246.8	250.4

表 2.11.41 理想硫化氢气体的比熵　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	比熵 s	温度/℃	比熵 s	温度/℃	比熵 s	温度/℃	比熵 s
0	3.2634	400	6.3866	700	6.9947	1000	7.4419
100	5.1260	500	6.6177	800	7.1554	1100	7.5709
200	5.7277	600	6.8169	900	7.3039	1200	7.6922
300	6.1044						

注：计算基准为 0K，101.3kPa 时，$s=0$。

2.11.13 其他气体

表 2.11.42 二硫化碳和氧硫化碳气体的比熵　　单位：kJ/(kg·℃)

类别	温度/℃											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
CS_2	0.1897	0.3471	0.4802	0.5949	0.6979	0.7892	0.8717	0.9471	1.0170	1.0810	1.1409	1.1970
COS	0.2211	0.4044	0.5619	0.7005	0.8223	0.9324	1.0329	1.1250	1.2104	1.2900	1.3641	1.4000

注：$t=0$℃时，$s=0$。

表 2. 11. 43　一些气体的绝对熵（25℃）　　单位：kJ/(℃・kmol)

物料名	空气	氧	臭氧	氮	氢	氩	氪	氖	氘	氙	
物质的绝对熵	199	205.0	238.8	191.5	130.6	154.7	164.0	146.2	144.9	169.6	
物料名	氟	氯气	氦-3	氦-4	氨	一氧化碳	二氧化碳	一氧化氮	一氧化二氮	二氧化氮	三氧化氮
物质的绝对熵	202.7	223.0	0.0	126.0	192.7	197.6	213.7	210.6	219.9	239.9	308.5
物料名	溴化氢	氟化氢	碘化氢	氰	氯化氰	氯化氢	硫化氢	硒化氢	二氧化氯	三氯化硼	三氟化硼
物质的绝对熵	198.6	173.7	206.5	241.5	236.2	186.8	205.6	218.9	256.8	290.1	254.3
物料名	三氟化氮	乙硼烷	亚硝酰氯	磷化氢	氟化硫	二氧化硫	四氟化硅	硅烷	乙硅烷	二氯硅烷	三氯硅烷
物质的绝对熵	260.6	232.0	261.6	210.1	291.6	248.1	282.7	204.6	272.7	286.6	313.7

2.12　汽化热和内能

2. 12. 1　空　　气

表 2. 12. 1　饱和湿空气的汽化热（总压 101. 3kPa）

温度/℃	汽化热/(kJ/kg)	温度/℃	汽化热/(kJ/kg)	温度/℃	汽化热/(kJ/kg)	温度/℃	汽化热/(kJ/kg)	温度/℃	汽化热/(kJ/kg)
0	2500.8	22	2449.0	42	2401.4	62	2353.0	82	2303.2
2	2495.9	24	2442.0	44	2396.6	64	2348.1	84	2298.1
4	2491.3	26	2439.5	46	2391.8	66	2343.1	86	2293.0
6	2486.6	28	2434.8	48	2387.0	68	2338.2	88	2287.9
8	2481.9	30	2430.0	50	2382.1	70	2333.3	90	2282.8
10	2477.2	32	2425.3	52	2377.3	72	2328.3	92	2277.6
12	2472.5	34	2420.5	54	2372.4	74	2323.3	94	2272.4
14	2467.8	36	2415.8	56	2367.6	76	2318.3	96	2267.1
16	2463.1	38	2411.0	58	2362.7	78	2313.3	98	2261.9
18	2458.4	40	2406.2	60	2357.9	80	2308.3	100	2256.7
20	2453.1								

表 2. 12. 2　空气的内能

温度/K	内能 U/(kJ/kg)	温度/K	内能 U/(kJ/kg)	温度/K	内能 U/(kJ/kg)	温度/K	内能 U/(kJ/kg)
100	71.06	390	278.96	680	496.65	970	733.48
110	78.20	400	286.19	690	504.51	980	741.99
120	85.34	410	293.45	700	512.37	990	750.48
130	92.51	420	300.73	710	520.26	1000	759.02
140	99.67	430	308.03	720	527.72	1020	775.67
150	106.81	440	315.34	730	536.12	1040	793.35
160	113.95	450	322.66	740	544.05	1060	810.61
170	121.11	460	329.99	750	552.05	1080	827.94
180	128.28	470	337.34	760	560.08	1100	845.34
190	135.40	480	344.74	770	568.10	1120	862.85
200	142.56	490	352.11	780	576.15	1140	880.37
210	149.70	500	359.53	790	584.22	1160	897.98
220	156.84	510	366.97	800	592.34	1180	915.68
230	163.98	520	374.39	810	600.46	1200	933.40
240	171.15	530	381.88	820	608.62	1220	951.19
250	178.29	540	389.40	830	616.79	1240	969.01
260	185.45	550	396.89	840	624.67	1260	986.92
270	192.59	560	404.44	850	633.21	1280	1004.88
280	199.78	570	411.98	860	641.44	1300	1022.88
290	206.92	580	419.56	870	649.70	1320	1040.93
300	214.09	590	427.17	880	658.00	1340	1059.03
310	221.27	600	434.80	890	666.31	1360	1077.17
320	228.45	610	442.43	900	674.63	1380	1095.36
330	235.65	620	450.13	910	682.98	1400	1113.62
340	242.86	630	457.83	920	691.33	1420	1131.90
350	250.06	640	465.55	930	699.73	1440	1150.23
360	257.23	650	473.32	940	708.13	1460	1168.61
370	264.47	660	481.06	950	716.57	1480	1187.03
380	271.72	670	488.88	960	725.01	1500	1205.47

2.12.2　其 他 气 体

表 2.12.3　液氯的汽化热

温度/℃	ΔH/(kJ/kg)	ΔH/(J/mol)	温度/℃	ΔH/(kJ/kg)	ΔH/(J/mol)	温度/℃	ΔH/(kJ/kg)	ΔH/(J/mol)
−100	315.68	22.399	−5	269.56	17.939	75	207.93	13.300
−90	309.40	21.939	0	266.29	17.668	80	202.61	12.979
−80	303.54	21.520	5	263.03	17.415	85	196.79	12.604
−70	306.91	21.060	10	259.68	17.166	90	190.80	12.184
−65	304.27	20.819	15	256.29	16.903	95	184.10	11.737
−60	301.59	20.567	20	252.81	16.622	100	176.86	11.262
−55	298.95	20.319	25	249.29	16.326	105	168.90	10.758
−50	296.27	20.097	30	245.74	16.035	110	160.15	10.216
−45	293.55	19.895	35	242.09	15.766	115	150.27	9.6224
−40	290.75	19.678	40	238.32	15.491	120	139.59	8.9598
−35	287.86	19.431	45	234.47	15.181	125	127.28	8.1881
−30	284.97	19.176	50	230.54	14.905	130	113.30	7.2013
−25	281.99	18.943	55	226.43	14.718	135	96.30	5.8017
−20	278.85	18.715	60	222.08	14.486	140	71.18	3.7681
−15	275.88	18.473	65	217.64	14.089	144	0	0.0000
−10	272.74	18.213	70	212.91	13.649	(临界温度)		

表 2.12.4　液氢的汽化热　　单位：kJ/kg

温度/℃	−258	−256	−254	−252	−250	−248	−246	−244	−242	−240
ΔH	468.6	461.0	453.9	445.5	432.6	413.5	381.2	331.6	252.8	88.43

表 2.12.5　液氨的汽化热

(1) 千克汽化热　　单位：kJ/kg

温度/℃	ΔH	温度/℃	ΔH	温度/℃	ΔH	温度/℃	ΔH	温度/℃	ΔH
−70	1464.6	−33	1367.3	−12	1303.0	9	1229.8	30	1145.5
−68	1460.0	−32	1364.5	−11	1299.8	10	1226.1	31	1141.2
−66	1455.0	−31	1361.6	−10	1296.5	11	1222.4	32	1136.8
−64	1450.0	−30	1358.6	−9	1293.2	12	1218.5	33	1132.4
−62	1444.9	−29	1355.7	−8	1289.8	13	1214.7	34	1127.9
−60	1439.3	−28	1352.7	−7	1286.5	14	1210.9	35	1123.5
−58	1434.9	−27	1349.8	−6	1283.1	15	1207.0	36	1118.9
−56	1429.9	−26	1346.8	−5	1279.7	16	1203.1	37	1114.4
−54	1424.8	−25	1343.8	−4	1276.3	17	1199.2	38	1109.8
−52	1419.8	−24	1340.8	−3	1272.9	18	1195.2	39	1105.2
−50	1414.8	−23	1337.7	−2	1269.5	19	1191.2	40	1100.6
−48	1409.3	−22	1334.6	−1	1266.0	20	1187.2	41	1095.9
−46	1403.9	−21	1331.6	0	1262.5	21	1183.2	42	1091.1
−44	1398.5	−20	1328.5	1	1258.9	22	1179.1	43	1086.4
−42	1393.0	−19	1325.4	2	1255.4	23	1175.0	44	1081.6
−40	1387.2	−18	1322.3	3	1251.9	24	1170.9	45	1076.8
−39	1384.5	−17	1319.1	4	1248.3	25	1166.7	46	1072.0
−38	1381.7	−16	1315.9	5	1244.6	26	1162.6	47	1067.1
−37	1378.8	−15	1313.0	6	1241.0	27	1158.3	48	1062.1
−36	1375.9	−14	1309.5	7	1237.3	28	1154.1	49	1057.1
−35	1373.1	−13	1306.3	8	1233.6	29	1149.8	50	1052.2
−34	1370.2								

（2）摩尔汽化热 单位：kJ/mol

温度/℃	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30
ΔH	24.70	24.09	23.71	23.14	22.63	22.08	21.47	20.88	20.19	19.51
温度/℃	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
ΔH	18.76	17.92	17.12	16.14	15.17	13.92	12.67	10.95	8.847	4.806

表 2.12.6 二氧化碳液体的汽化热

（1）千克汽化热 单位：kJ/kg

温度/℃	ΔH	温度/℃	ΔH	温度/℃	ΔH	温度/℃	ΔH
−56.6	348.02	−32.5	307.62	−10.0	261.73	12.5	191.56
−55.0	345.43	−30.0	303.01	−7.5	255.53	15.0	180.33
−52.5	341.53	−27.5	298.41	−5.0	249.13	17.5	169.03
−50.0	337.26	−25.0	293.55	−2.5	242.39	20.0	155.34
−47.5	333.08	−22.5	288.78	0.0	235.02	22.5	139.43
−45.0	329.06	−20.0	283.84	2.5	226.01	25.0	119.46
−42.5	324.95	−17.5	278.60	5.0	219.19	27.5	94.42
−40.0	320.64	−15.0	273.24	7.5	210.61	30.0	63.01
−37.5	316.37	−12.5	267.55	10.0	201.35	31.0	0.00
−35.0	311.97						

（2）摩尔汽化热 单位：kJ/mol

温度/℃	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	28
ΔH	16.67	15.87	15.30	14.20	13.19	11.64	9.851	7.896	4.873

表 2.12.7 二氧化硫液体的汽化热

（1）p＝101.3kPa

温度/℃	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40
汽化热/(kJ/mol)	27.49	27.01	26.51	25.86	25.47	25.00	24.36	23.84	23.15	22.46	21.83
汽化热/(kJ/kg)	571.9	561.9	551.5	538.0	529.9	520.1	506.8	496.0	481.6	467.3	454.2
温度/℃	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
汽化热/(kJ/mol)	21.10	20.35	19.48	18.68	17.76	16.70	15.60	14.24	12.64	10.71	7.834
汽化热/(J/kg)	439.0	423.4	405.3	388.6	369.5	347.4	324.6	296.3	263.0	222.8	163.0

（2）p＝530kPa 单位：kJ/mol

温度/℃	−35	−30	−25	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15
ΔH	439.2	431.6	424.0	416.3	408.5	400.6	392.6	384.6	376.6	368.4	360.2
温度/℃	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
ΔH	351.9	343.5	335.1	326.6	318.0	300.7	283.0	265.1	246.9	228.3	209.5

表 2.12.8 乙硼烷在饱和状态时的汽化热 单位：J/mol

温度/℃	130	140	150	160	170	175	180	185	190	195
ΔH	16503	16066	15649	15235	14807	14580	14355	14125	13869	13554
温度/℃	200	205	210	215	220	222	224	226	228	230
ΔH	13133	12951	12768	12453	12138	12005	11869	11730	11588	11443
温度/℃	232	234	236	238	240	242	244	246	248	250
ΔH	11295	11144	10989	10830	10667	10500	10329	10153	9971.3	9784.6
温度/℃	252	254	256	258	260	262	264	266	268	270
ΔH	9591.1	9391.4	9184.6	8969.4	8745.4	8511.3	8265.6	8007.7	7734.7	7445.0
温度/℃	272	274	276	278	280	282	284	286	288	289.9
ΔH	7135.1	6801.9	6439.3	6041.6	5597.3	5091.1	4496.6	375.85	272.73	0.00

表 2.12.9　其他液态气体的汽化热

（1）温度单位为热力学温度　　　　单位：kJ/kg

名　称	温度/K			
	15	20	25	30
H_2	458.0	467.3	344.6	216.0
Ar	160.0^{90}		83.3^{140}	

名　称	温度/K							
	65	70	80	90	100	110	120	130
CO				198.5	178.2	158.0	132.1	69.5
N_2	212.4	207.0	195.4	181.0	164.0	139.4	93.0	

（2）温度单位为摄氏度　　　　单位：kJ/mol

名　称	温度/℃											
	−200	−190	−180	−170	−160	−150	−140	−130	−120	−110	−100	−90
O_2	7.453	7.097	6.707	6.272	5.786	5.217	4.518	3.569	3.323^{-128}	3.036^{-126}	2.700^{-124}	2.271^{-122}
N_2	5.757	5.326	4.823	4.212	3.403	1.973						
CO	6.406	5.983	5.497	4.932	4.229	3.246	2.978^{-148}	2.663^{-146}	2.268^{-144}			
COS									21.139		20.406	
NO					14.516	13.662	12.703	11.610	10.312	8.658	6.176	4.446^{-96}
N_2O												16.634
HCl										17.212	16.802	16.379

名　称	温度/℃											
	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30
N_2O	16.128	15.596	15.026	14.424	13..775	13.067	12.292	11.426	10.429	9.249	7.737	5.439
N_2O_4									39.645	38.686	37.681	36.635
HF	7.976	7.863	7.746	7.628	7.503	7.381	7.252	7.118	6979	6.837	6.691	6.540
HCl	15.935	15.470	14.976	14.457	13.909	13.318	12.678	11.983	11.208	10.337	9.320	8.072
HBr	18.200	17.794	17.367	16.923	16.458	15.973	15.462	14.918	14.340	13.720	13.050	12.318
HI			.	20.339	19.954	19.557	19.142	18.715	18.271	17.806	17.321	16.810
H_2S	19.502		18.656		17.748		16.751		15.642		14.390	
SF_6				18.800	17.920		15.440		12.560		9.210	
COS	19.624		18.782		17.878		16.885		15.788		14.545	

名　称	温度/℃											
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
N_2O_4	35.529	34.369	33.139	31.824	30.413	28.885	27.210	25.339	23.207	20.687	17.509	12.866
HF①	6.381	6.217	6.042	5.862	5.669	5.468	5.250	5.016	4.765	4.488	4.180	3.828
HCl	6.381											
HBr	11.505	10.584	9.504	8.164	6.301							
HI	16.274	15.709	15.106	14.461	13.762	12.996	12.150	11.196	10.073	8.700	6.808	
H_2S	12.920		11.099		8.562		3.640^{98}					
SF_6	4.187	$0^{45.6}$										
COS	13.906		11.313		8.863		4.622^{98}					

① 温度为 160℃、170℃、180℃时，其值分别为 3412kJ/kg、2762kJ/kg、2123kJ/kg。

注：右上角的数字为与其相对应的温度。

（3）　　　　单位：kJ/mol

名　称	D_2	F_2	He	Kr	N_2	Ne	N_2H_2	O_3	Rn	Xe
ΔH	1.227	6.886	0.014	1.636	0.721	0.335	40.863	12.058	16.789	12.644

表 2.12.10　无机气体在沸点时的汽化热　　　　单位：kJ/kg

气体	空气 —	氧 O_2	氨 NH_3	氮 N_2	氯 Cl_2	氢 H_2
ΔH	1197	213.5	1369	199.3	259.6	460.5

续表

气体	氟 F_2	氙 Xe	氩 Ar	氪 Kr	氖 Ne	氦 He
ΔH	159.1	96.3	157.4	117.2	104.7	20.93

气体	笑气 N_2O	硫化氢 H_2S	氯化氢 HCl	溴化氢 HBr	碘化氢 HI
ΔH	376.8	548.5	443.8	217.7	154.9

气体	一氧化氮 NO	一氧化碳 CO	二氧化碳 CO_2	二氧化硫 SO_2	氧硫化碳 COS
ΔH	460.5	216	573.6	401.9	—

2.13 熔融热和溶解热

表 2.13.1 固态气体的熔融热 单位：kJ/mol

名　称	Ar	BCl_3	BF_3	CO	CO_2	Cl_2	Cl_3NO	CN	D_2
R	1.176	2.109	4.619	0.842	7.955	6.410	5.983	8.109	0.239
名　称	F_2	H_2	H_6B_2	HBr	HCl	He	HI	HF	H_2P
R	0.510	0.117	4.473	2.406	2.000	0.014	2.872	4.580	1.130
名　称	H_2S	Kr	N_2	Ne	NH_3	NF_3	NO	N_2O	NO_2
R	2.376	1.636	0.721	0.335	5.765	0.398	2.301	6.539	14.65
名　称	O_2	O_3	Rn	SeH	SF_2	SiF_4	SiH_4	SO_2	Xe
R	0.445	2.00	2.901	2.514	5.024	9.380	0.667	7.401	2.301

表 2.13.2 液氨在水中的积分溶解热 单位：kJ/kg NH_3

浓度(质量分数)/%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$-\Delta H$	832.8	799.7	764.1	716.8	628.0	509.1	394.8	281.4	176.3	81.2	0.0

表 2.13.3 不同碳化度的氨水溶液中氨的溶解热 单位：kJ/kg NH_3

溶 解 热	温度 /℃	溶液碳化度 R/%										
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
积分溶解热 $-\Delta H$	20	2031	2391	2721	3027	3312	3559	3785	3982	4153	4296	4417
	40	1968	2328	2659	2964	3249	3496	3722	3919	4091	4233	4354
	60	1905	2265	2596	2901	3186	3433	3659	3856	4028	4170	4291
	80	1842	2202	2533	2839	3123	3370	3596	3793	3965	4107	4229
	100	1779	2139	2470	2776	3061	3308	3534	3730	3902	4044	4166
微分溶解热 $-\Delta H$	20	2031	2043	2085	2152	2240	2366	2512	2688	2889	3119	3370
	40	1968	1980	2022	2089	2177	2303	2441	2625	2830	3056	3308
	60	1905	1918	1959	2026	2114	2240	2386	2562	2763	2994	3245
	80	1842	1855	1897	1964	2052	2177	2324	2500	2700	2931	3182
	100	1779	1792	1834	1901	1989	2114	2261	2437	2638	2868	3119

表 2.13.4 硫化氢在二乙醇胺溶液中的溶解热 单位：kJ/mol

硫化氢在二乙醇胺液相中的摩尔比	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
ΔH	47.7	43.5	40.0	31.9	16.0	12.5	11.0

表 2.13.5 无机气体在常压下的凝点和凝固热 单位：kJ/kg

项目	氧 O_2	氨 NH_3	氮 N_2	氯 Cl_2	氢 H_2	氟 F_2	氙 Xe
凝点 t_t/℃	218.8	77.7	210.1	103	259.2	220	111.9
凝固热	13.82	339.1	25.75	188.4	58.62	37.68	17.58

续表

项目	氩 Ar	氪 Kr	氖 Ne	氦 He	氰 C_2N_2	笑气 N_2O
凝点 t_t/℃	189.3	157.2	248.6	—	34.4	90.8
凝固热	29.3	19.68;	16.75	5.715.	—	148.6
项目	硫化氢 H_2S	氯化氢 HCl	溴化氢 HBr	碘化氢 HI	磷化氢 PH_3	一氧化氮 NO
凝点 t_t/℃	85.6	51	112	—	133.5	163.5
凝固热	69.50	56.1	30.98	23.03	32.87	77.04
项目	一氧化碳 CO	二氧化碳 CO_2	二氧化硫 SO_2	氧硫化碳 COS	氯化硝酰 NOCl	氢化亚砷 H_3As
凝点 t_t/℃	205	56	75.3	138.2	61.5	−113.5
凝固热	30.15	184.2	116.8	—	—	—

2.14 生成热和生成自由能

表 2.14.1 气体的生成热和生成自由能 单位：kJ/mol

项　目	CN	CO	CO_2	COS	HBr	HCl	HCN	HF	HI
生成热	309.2	−110.6	−393.8	−138.5	−36.26	−92.36	130.6	−271.3	26.38
生成自由能	297.4	−137.4	−394.6	−165.8	−53.30	−95.33	120.2	−273.4	1.59
项　目	H_2S	NF_3	NH_3	NO	NO_2	N_2O	O_3	SF_6	SO_2
生成热	−20.18	−124.7	−45.72	90.43	33.87	1.60	142.8	−1222	−297.0
生成自由能	−33.08	−127.2	−16.16	86.75	52.00	103.7	162.9	−1118	−300.4

注：Ar、Cl_2、D_2、F_2、H_2、He-4、Kr、N_2、Ne、O_2、Xe 的生成热、生成自由能均为 0。

2.15 普 朗 特 数

表 2.15.1 常压下空气的普朗特数

温度/℃	Pr	温度/℃	Pr	温度/℃	Pr	温度/℃	Pr	温度/℃	Pr	温度/℃	Pr
−50	0.728	10	0.705	70	0.694	160	0.682	350	0.676	800	0.713
−40	0.728	20	0.703	80	0.692	180	0.681	400	0.678	900	0.717
−30	0.723	30	0.701	90	0.690	200	0.680	500	0.687	1000	0.719
−20	0.716	40	0.699	100	0.688	250	0.677	600	0.699	1100	0.722
−10	0.712	50	0.698	120	0.686	300	0.674	700	0.706	1200	0.724
0	0.707	60	0.696	140	0.684						

表 2.15.2 常压下干燥空气的普朗特数

温度/℃	−50	−20	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Pr	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
温度/℃	90	100	120	140	150	160	180	200	250	300	350
Pr	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.72
温度/℃	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600
Pr	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.76	0.76

表 2.15.3 空气在不同温度和压强下的普朗特数

温度 *T* /K	压强/atm				
	3	10	20	30	40
300	0.704	0.704	0.706	0.706	0.706
400	0.705	0.705	0.706	0.706	0.706
500	0.705	0.705	0.706	0.706	0.706

续表

温度 T /K	压强/atm				
	3	10	20	30	40
600	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706
700	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706
800	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706
900	0.706	0.708	0.706	0.706	0.706
1000	0.706	0.706	0.705	0.705	0.705
1100	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
1200	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
1300	0.705	0.705	0.704	0.704	0.704
1400	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704
1500	0.704	0.704	0.703	0.703	0.703
1600	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703
1700	0.702	0.702	0.702	0.702	0.702
1800	0.701	0.702	0.702	0.702	0.702
1900	0.7	0.701	0.701	0.701	0.711
2000	0.699	0.700	0.700	0.700	0.700
2100	0.696	0.698	0.699	0.699	0.7
2200	0.693	0.696	0.698	0.698	0.699
2300	0.688	0.693	0.696	0.696	0.697
2400	0.681	0.689	0.692	0.694	0.695
2500	0.673	0.684	0.688	0.690	0.692
2600			0.683	0.686	0.688
2700			0.676	0.680	0.683
2800			0.669	0.674	0.677

注：1atm＝101325Pa。

表 2.15.4 其他气体的普朗特数

名称	温度/℃												
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
氧	0.720	0.686	0.674	0.673	0.675	0.682	0.689	0.700	0.710	0.725	0.738		
氮	0.705	0.678	0.658	0.652	0.659	0.672	0.689	0.710	0.734	0.762	0.795		
氨	0.908	0.852	0.818	0.805	0.796	0.793	0.792						
氨①	1.89^{-30}	1.62^{-20}	1.39^{-10}	1.27^{0}	1.18^{10}	1.09^{20}							
氩	0.663	0.661	0.653	0.640	0.628	0.619	0.604						
氦	0.684	0.667	0.660	0.656	0.651	0.642	0.631						
氪	0.656	0.650	0.648	0.637	0.625	0.611	0.612						
氖	0.660	0.648	0.637	0.633	0.625	0.619	0.612						
氙	0.638	0.643	0.639	0.630	0.619	0.603	0.579						
CO	0.740	0.718	0.708	0.709	0.711	0.720	0.727	0.733	0.739	0.740	0.744		
CO_2	0.780	0.733	0.715	0.712	0.709	0.713	0.723	0.730	0.741	0.757	0.770		
氢	0.688	0.677	0.666	0.655	0.644	0.640	0.635	0.637	0.638	0.640	0.644		
烟气	0.72	0.69	0.67	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56

① 饱和状态，右上角数值为与其相对应的温度。

注：其成分为（体积分数）CO_2 13%，H_2O 11%，N_2 76%。

2.16 无机气体的气体常数、介电常数和体胀系数

表 2.16.1 气体的气体常数

名 称	Ar	Cl_2	C_2N_2	CO	CO_2	COS	D_2	F_2	H_2	H_3As
R	208.2	117.3	162.8	296.9	188.8	139.3	2065	218.7	4120	106.9

续表

名 称	HBr	HCl	HI	He	H_2S	Kr	N_2	Ne	NH_3	NO
R	102.9	228.0	65.12	2078	244.2	99.3	296.8	411.8	488.3	227.1
名 称	NO_2	N_2O	NOCl	O_2	O_3	PH_3	SO_2	Xe	空气	水蒸气
R	180.7	188.9	126.8	259.8	173.4	244.2	129.8	63.9	287.0	461.6

表 2.16.2 介电常数

名 称	ε	名 称	ε	名 称	ε	名 称	ε
空气	1.0	空气(干燥)	1.000536	氮(液)	16.3	氰	$2.6^{22.8}$
空气(干)(20℃)	1.00	氟	1.5^{-202}	氨(液)	1.05	氰化氢	$95.4^{21.1}$
液态空气	1.5	氢(20℃)	1.000284^{100}	氮	1^{20}	硫化氢	9.3^{-64}
二氧化硫	15.6^{0}	氢	1.00^{100}	氮	1.45^{-203}	硫化氢	$5.8^{8.9}$
二氧化硫	17.6^{-20}	氢	1.23^{227}	氮	1.454^{169}	溴	1.0128^{0}
二氧化碳	1.6^{0}	液态氢	1.2	氮	1.00058^{20}	溴	3.09^{20}
二氧化碳(20℃)	1.000921^{20}	汞	1.3^{20}	氟	1.5^{-30}	溴化氢	3.8^{-4}
二硫化碳	2.2^{82}	氦(液)	1.06^{-270}	氟	1.54^{-202}	溴化氢	7^{-84}
二硫化碳(液)	2.6	氦-3	1.055^{14}	氟化氢	17.0^{-73}	氨水	25.0^{59}
三氧化硫	3.1^{18}	氧	1.51^{-193}	氟化氢	84.2^{0}	氨水	$16.5^{20.6}$
三氧化硫	3.6^{21}	氧(20℃)	1.000494^{20}	氯	$1.7^{121.1}$	氨水	18.9^{5}
一氧化二氮	1.61^{0}	氧化二氮	1.6^{0}	氯	2^{0}	氨水	22.0^{-1}
四氧化二氮	2.5^{14}	氧化汞	78.3^{25}	氯	2.1^{-46}	三氢化砷	2.5^{-100}
氖(20℃)	1.000127^{20}	氩(20℃)	1.000513^{20}	氯	1.5^{61}	光气,碳酰氯	4.7^{0}
汞	1.277^{-253}	氩	1.538^{-191}	氯	1.7^{77}		
空气	1	氩	1.5^{-227}	氯(液)	1.9^{185}		

表 2.16.3 空气的体胀系数

温度/℃	β	温度/℃	β	温度/℃	β	温度/℃	β
−50	4.500	30	3.310	120	2.547	400	1.485
−40	4.304	40	3.200	140	2.423	500	1.293
−30	4.128	50	3.102	160	2.311	600	1.145
−20	3.962	60	3.007	180	2.209	700	1.027
−10	3.822	70	2.920	200	2.115	800	0.932
0	3.671	80	2.836	250	1.912	900	0.852
10	3.547	90	2.758	300	1.745	1000	0.786
20	3.419	100	2.684	350	1.605		

表 2.16.4 其他气体的体胀系数

名 称	Ar	Cl_2	CO	CO_2	$CO_2$①				H	He	NH_3	N_2	N_2O	O_2
β	0.3660	0.383	0.3669	0.3741	0.111	0.372	0.663	1.065	0.3661	0.3658	0.3804	0.3674	0.3681	0.3665

① 分别对应于−250℃、−200℃、−150℃、−100℃时，其余均是温度 0～100℃、压强 101.3kPa 左右时的平均值。

2.17 其 他 物 性

表 2.17.1 氧气的压缩因子

压强/MPa	温度/℃			压强/MPa	温度/℃		
	0	25	50		0	25	50
0	1.00097	1.09259	1.18420	7.0928	0.94181	1.05105	1.15893
0.1013	1.00000	1.09186	1.18368	8.1050	0.9S524	1.04683	1.15461
1.0125	0.99135	1.08550	1.17918	9.1193	0.92924	1.04308	1.15272
2.0250	0.98206	1.07877	1.17452	10.1325	0.92383	1.03928	1.15124
3.0375	0.97314	1.07240	1.17023	11.1458	0.91904	1.03705	1.15018
4.0500	0.96462	1.06643	1.16631.	12.1590	0.91488	1.03477	1.14954
5.0625	0.95653	1.06087	1.16278	13.1723	—	1.03300	1.14932
6.0750	0.94892	1.05574	1.15965				

表 2.17.2 氢气的压缩因子

压强/atm	温度/℃									
	−150	−100	−50	0	50	100	150	200	300	400
0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
1	1.0005	1.0006	1.0006	1.0006	1.0006	1.0005	1.001	1.001	1.000	1.000
10	1.0036	1.0068	1.0062	1.0062	1.0057	1.0050	1.004	1.004	1.003	1.003
20	1.0076	1.0137	1.0134	1.0124	1.0113	1.0100	1.009	1.008	1.007	1.006
40	1.0191	1.0279	1.0274	1.0251	1.0227	1.0201	1.018	1.016	1.014	1.011
60	1.0337	1.0437	1.0419	1.0381	1.0341	1.0303	1.027	1.024	1.021	1.017
80	1.0519	1.0606	1.0568	1.0513	1.0456	1.0407	1.037	1.032	1.028	1.023
100	1.0739	1.0787	1.0722	1.0644	1.0571	1.0511	1.046	1.040	1.035	1.029
200			1.152	1.134	1.116	1.104	1.092	1.084	1.068	1.058
400			1.326	1.277	1.238	1.209	1.186	1.167	1.136	1.122
600			1.473	1.423	1.359	1.315	1.279	1.250	1.204	
800			1.685	1.568	1.479	1.419	1.371	1.331	1.271	
1000			1.859	1.710	1.601	1.522	1.461	1.412	1.337	
1200				1.845	1.719	1.623	1.549			
1400				1.985	1.834	1.722	1.636			
1600				2.118	1.945	1.819	1.721			
1800				2.248	2.055	1.913	1.805			
2000				2.376	2.163	2.006	1.887			
2200				2.500	2.268	2.093	1.968			
2400				2.624	2.372	2.188	2.048			
2600				2.746	2.475	2.276	2.126			
2800				2.865	2.575	2.364	2.204			
3000				2.982	2.674	2.449	2.280			

注：1atm＝101325Pa，下同。

表 2.17.3 氨气的压缩因子

（1）

压强/atm	温度/℃								
	−146.3	−130	−100	−70	−50	−25	0	20	50
1	—	0.5209	0.6319	0.7426	0.8162	0.9077	1.0000	1.0730	1.1805
10	—	0.4873	0.6109	0.7292	0.8060	0.9010	0.9962	1.0705	1.1836
20	0.3539	0.4465	0.5874	0.7130	0.7951	0.8940	0.9525	1.0690	1.1842
30	0.2670	0.4005	0.5637	0.7010	0.7851	0.8886	0.9894	1.0677	1.1851
40	—	0.3487	0.5404	0.6850	0.7757	0.8830	0.9870	1.0668	1.1866
50	—	0.2943	0.5180	0.6716	0.7672	0.8790	0.9848	1.0669	1.1814
60	—	0.2483	0.4970	0.6620	0.7596	0.8764	0.9840	1.0670	1.1907
80	—	0.2986	0.4632	0.6452	0.7476	0.8700	0.9835	1.0687	1.1906
100	—	—	0.4471	0.6362	0.7424	0.8676	0.9848	1.0749	1.2048
200	—	—	—	0.6823	0.7854	0.9151	1.0355	1.1309	1.2742
300	—	—	—	0.8053	0.8086	1.0179	1.1335	1.2293	1.3741

（2）

压强 /atm	温度/℃									
	－130	－100	－50	0	50	100	150	200	300	400
0	0.5243	0.6342	0.8173	1.0005	1.1836	1.3667	1.5499	1.7330	2.0993	2.4655
1	0.5258	0.6320	0.8162	1.0000	1.1836	1.3870	1.5503	1.7336	2.1000	2.4664
10	0.4887	0.6117	0.8062	0.9962	1.1837	1.3697	1.5549	1.7396	2.1081	2.4756
20	0.4495	0.5889	0.7958	0.9926	1.1843	1.3730	1.5602	1.7465	2.1171	2.4858
40	0.3551	0.5453	0.7769	0.9871	1.1868	1.3804	1.5716	1.7608	2.1355	2.5066
60	0.2580	0.5007	0.7610	0.9841	1.1912	1.3892	1.5838	1.7758	2.1541	2.5279
80		0.4665	0.7489	0.9838	1.1960	1.3991	1.5971	1.7913	2.1731	2.5494
100		0.4496	0.7407	0.9853	1.2031	1.4103	1.6112	1.8076	2.1923	2.5712
200			0.782	1.032	1.265	1.484	1.694	1.905	2.305	2.689
400			1.016	1.241	1.468	1.689	1.905	2.130	2.536	2.929
G00			1.289	1.499	1.716	1.933	2.146	2.372	2.780	3.174
B00			1.558	1.764	1.975	2.187	2.398	2.622	3.029	3.425
1000			1.815	2.024	2.233	2.443	2.653	2.878	3.275	3.680

表 2.17.4　二氧化碳的压缩因子（$z=pV/p_0V_0$）

温度 /℃	压强/MPa												
	0.1	0.5	1	2	5	10	20	30	40	50	60	80	100
0	0.9999	0.9711	0.9335	0.8004	0.0709	0.2444	0.3810	0.5694	0.7405	0.9065	1.0684	1.3825	1.6844
25	1.0933	1.0701	1.0401	0.9412	0.7259	0.2290	0.4492	0.6188	0.7979	0.9683	1.1335	1.4583	1.7670
50	1.1865	1.1675	1.1431	1.0660	0.9170	0.4734	0.5169	0.6875	0.8683	1.0393	1.2046	1.5380	1.8527
100	1.3720	1.3586	1.3418	1.3105	1.2003	1.0263	0.8047	0.8983	1.0501	1.2172	1.3832	1.7129	2.0355
200	1.7428	1.7365	1.7288	1.7053	1.6663	1.5966	1.5020	1.5012	1.5727	1.6928	1.8329	2.1446	2.4532
300	2.1124	2.1099	2.1069	2.0975	2.0820	2.0541	2.0322	2.0618	2.1259	2.2146	2.3272	2.6075	2.9167
400	2.4816	2.4813	2.4810	2.4799	2.4781	2.4760	2.4943	2.5449	2.6270	2.7237	2.8287	3.0783	3.3759
500	2.8506	2.8518	2.8531	2.8572	2.8643	2.8786	2.9181	2.9901	3.0892	3.1976	3.3079	3.5478	3.8261
600	3.2196	3.2220	3.2246	3.2330	3.2467	3.2720	3.3296	3.4117	3.5196	3.6321	3.7511	4.0032	4.2764

表 2.17.5　气体的临界压缩因子

物料名	空气	氧	臭氧	氮	氢	氩	氪	氖	
临界压缩因子	0.313	0.288	0.228	0.289	0.305	0.291	0.288	0.3	
物料名	氚	氘	氟	氯	氦-3	氦-4	氨	一氧化碳	二氧化碳
临界压缩因子	0.314	0.286	0.287	0.276	0.308	0.302	0.242	0.299	0.274
物料名	一氧化氮	一氧化二氮	二氧化氮	三氧化氮	溴化氢	氟化氢	碘化氢	氰	氯化氰
临界压缩因子	0.251	0.274	0.233	0.386	0.283	0.117	0.287	0.351	0.262
物料名	氯化氢	硫化氢	硒化氢	二氧化氯	三氯化硼	三氟化硼	三氟化氮	乙硼烷	亚硝酰氯
临界压缩因子	0.249	0.284	0.313	—	0.153	0.284	0.272	0.29118	0.346
物料名	磷化氢	氟化硫	二氧化硫	四氟化硅	硅烷	乙硅烷	二氯硅烷	三氯硅烷	
临界压缩因子	0.274	0.282	0.269	0.349	0.286	0.319	0.285	0.281	

表 2.17.6　无机气体的绝热指数（c_p/c_v）

名称	空气	氩气	氧气	臭氧	氯气	氦气	氢气	氮气	水蒸气
K	1.40	1.66	1.04	1.29	1.36	1.66	1.41	1.40	1.33
名称	氨气	氰	HBr	HCl	HI	Kr	Ne	NO	Xe
K	1.31	1.26	1.36	1.42	1.40	1.68	1.67	1.40	1.66
名 称	CO	CO_2	H_2S	SO_2	增碳水煤气	炼焦炉气	烟道气	高炉气	催化裂化气
K	1.40	1.30	1.32	1.24	1.35	1.35	1.38	1.39	1.20

表 2.17.7　无机气体在不同压强和温度下的绝热指数

名　称	温度/℃	压强/MPa						
		0.1	10	20	30	60	80	100
CO	25	1.400	1.433	1.414	1.394	1.349	1.344	1.341
	100	1.400	1.422	1.424	1.422	1.359	1.390	1.390
	200	1.399	1.407	1.415	1.422	1.408	1.403	1.398
H_2	25	1.404	1.407	1.408	1.407	1.402	1.394	1.390
	100	1.398	1.399	1.400	1.401	1.396	1.393	1.388
	200	1.396	1.397	1.398	1.399	1.396	1.394	1.392
N_2	20	1.410	1.416	1.400	1.379	1.345	1.340	1.346
	100	1.406	1.419	1.426	1.419	1.377	1.372	1.373
	200	1.400	1.409	1.409	1.408	1.387	1.380	1.374
NH_3	150	1.271	1.335	1.086	1.073	1.079	1.083	1.094
	300	1.234	1.252	1.286	1.286	1.216	1.187	1.179
N_2+3H_2	25	1.405	1.407	1.406	1.404	1.397	1.393	1.395
	100	1.399	1.397	1.402	1.403	1.400	1.396	1.395
	200	1.398	1.400	1.402	1.407	1.403	1.398	1.395

表 2.17.8　二氧化碳气体中饱和水蒸气的含量　　单位：g/m³

温度/℃	压强/MPa											
	0.1	2.5	5	7.5	10	15	20	30	40	50	60	70
25	23.02	1.406	0.9915	2.111	2.637	2.876	3.017	3.117	3.147	3.188	3.227	3.266
30	30.48	1.856	1.191	2.299	2.841	3.133	3.303	3.557	3.707	3.745	3.765	3.784
50	93.08	5.318	2.972	2.889	3.431	4.883	5.415	5.822	6.089	6.243	6.361	6.438
75	242.2	9.399	6.916	6.907	6.3	7.63	9.033	9.926	10.56	10.99	11.19	11.25

表 2.17.9　空气的成分

项　目	N_2	O_2	Ar	CO_2	Ne	He	Kr	H_2	Xe	Rn
体积/%	78.09	20.95	0.9325	0.030	0.0018	0.000524	0.000108	0.00005	0.000008	6.0×10^{-18}
质量/%	75.5	23.10	1.286	0.046	0.0012	0.00007	0.0003		0.00004	

表 2.17.10　几种物质的三相点

物料	温度/K	压强/kPa	物料	温度/K	压强/kPa
氢	13.84	717.9	氮	63.18	12780
氘	18.63	1740	二氧化硫	216.6	5275.4
氖	24.57	4405	水	273.2	62.27

注：物质的气态、液态和固态共存的温度称为该物质的三相点。

表 2.17.11　气体的三相点温度和三相点压力

项　目	空气	氧	臭氧	氮	氢	氩	氪	氖
三相点温度/K	59.15	54.361	80.15	63.149	13.95	83.78	115.78	24.56
三相点压力/Pa	5642.15	150	0.7346	12520	7220	68700	73153.7	43300

项　目	氘	氙气	氟	氯气	氦-3	氦-4	氨	一氧化碳	二氧化碳
三相点温度/K	18.732	161.36	53.481	172.12	1.01001	1.763	195.41	68.15	216.58
三相点压力/Pa	17070	81667.9	252	1366.04	1265.07	1478.21	6111.09	15400	518672

项　目	一氧化氮	一氧化二氮	二氧化氮	三氧化氮	溴化氢	氟化氢	碘化氢	氰	氯化氰
三相点温度/K	109.5	182.3	261.9	170	185.15	189.79	222.38	245.25	266.85
三相点压力/Pa	21890	87850	18728.3	15.1767	29890	336.833	49326.4	73807	44648.6

项　目	氯化氢	硫化氢	硒化氢	二氧化氯	三氯化硼	三氟化硼	三氟化氮	乙硼烷	亚硝酰氯
三相点温度/K	158.97	187.68	207.45	213.55	166.15	144.79	66.46	107.65	213.55
三相点压力/Pa	13521.9	23200	27400	1254.43	19.5936	8340	0.185425	76.53	5437.71

续表

项　目	磷化氢	氟化硫	二氧化硫	四氟化硅	硅烷	乙硅烷	二氯硅烷	三氯硅烷
三相点温度/K	139.37	223.15	197.67	186.35	88.48	140.65	151.15	144.95
三相点压力/Pa	3535.66	232670	1674.39	220726	19.6443	15.5949	4.58861	0.286958

2.18　无机气体的质量指标

表 2.18.1　工业氧的质量指标（GB/T 3863—2008）

项　目		指　标	
氧含量(O_2)(体积分数)/%	⩾	99.5	99.2
水(H_2O)		无游离水	无游离水

用途：主要用于焊接、气焊、气割等。在钢铁工业、有色金属冶炼、化肥、化工等行业也有重要用途。

表 2.18.2　电子工业用氧的质量指标（GB/T 14604—2009）

项　目		指　标		
氧(O_2)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	⩾	99.998	99.98	99.5
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	1	1
氩(Ar)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1.0	100	—
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.5	30	100
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	1	—
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	1	—
一氧化碳和二氧化碳含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	—	—	5
总烃(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	1	25
一氧化氮(NO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	—	1	—
氧化亚氮(N_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	—	—	2
氪(Kr)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	—	10	—
水(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	1	1
总杂质(包括稀有气体)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2.0	147	5000
颗粒		供需双方协商		

注：质量保证期 36 个月。

用途：半导体硅片表面的高温氧化，以及彩色显像管、通信光导的生产中。

表 2.18.3　纯氧、高纯氧和超纯氧的质量指标（GB/T 14599—2008）

项　目		指　标		
		纯氧	高纯氧	超纯氧
氧(O_2)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	⩾	99.995	99.999	99.9999
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1	0.5	0.1
氩(Ar)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	10	2	0.2
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	20	5	0.1
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1	0.5	0.1
总烃(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2	0.5	0.1
水(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	3	2	0.5

用途：高纯氧用于冶金工业、化学工业、军事与宇航、红宝石制造等。

表 2.18.4 医用氧的质量指标（GB/T 8982—1998）

项目		指标	项目	指标
氧含量(体积分数)/%	≥	99.5	气态酸和碱性物质	按规定方法试验合格
水分含量(露点)/℃	≤	−43	臭氧及其他气态氧化物	按规定方法试验合格
一氧化碳、二氧化碳		按规定方法试验合格	气味	无异味

用途：急救场所急用；缺氧患者家庭保健；氧吧、疗养院、体训中心、高原登山等备用。

表 2.18.5 工业用氢气的质量指标（GB 3634—2006）

项目		指标		
		优等品	一级品	合格品
氢气(体积分数)/%	≥	99.95	99.50	99.00
氧气(体积分数)/%	≤	0.01	0.20	0.40
氮加氩(体积分数)/%	≤	0.04	0.30	0.60
露点/℃		−43	—	—
游离水/(mL/40L 瓶)		—	无游离水	≤100

注：管道输送以及其他包装形式的合格品工业氢的水分指标由供需双方商定。

用途：制氢气球或氢气飞艇；用于焊接或切割金属；冶炼有色金属和高纯锗、硅；合成氨、盐酸；石油加氢去硫和提炼原油；作火箭推进剂；加氮气合成氨；加氯气生成氯化氢，用水吸收得到盐酸；加一氧化碳合成甲醇。

表 2.18.6 纯氢气的质量指标（GB/T 7445—1995）

项目		指标		
		超纯氢	高纯氢	纯氢
氢纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	≥	99.9999	99.999	99.99
氧(氩)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	1	5
氮含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.1	5	60
一氧化碳含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.1	1	5
二氧化碳含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.1	1	5
甲烷含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	1	10
水分(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	1.0	3	30

用途：可直接合成氨气，生产盐酸、合成甲醇；用于石油的裂化、精制、脱硫、催化等。在冶金工业中提炼贵重金属。

表 2.18.7 电子工业用氢的质量指标（GB/T 16942—2009）

项目		指标		
氢(H_2)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	≥	99.9999	99.9997	99.9995
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	0.2	0.5
氧(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	0.2	0.5
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.2	0.5
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.2	0.5
总烃(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.2	0.5
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	0.2	0.5
总杂质含量(体积分数)/$\times10^{-6}$		1.0	2.8	4.5
颗粒		供需双方协商		

用途：主要用于大规模集成电路制造中提供还原气氛，也用于电真空材料和器件生产。

表 2.18.8　工业氮的质量指标（GB/T 3864—2008）

项　　目		指标	项　　目	指标
氮气纯度(N_2)(体积分数)/$\times 10^{-2}$	≥	99.2	游离水	无
氧气含量(O_2)(体积分数)/$\times 10^{-2}$	≤	0.8		

用途：氮主要用于合成氨、制作化肥（铵肥和硝酸盐）；也是合成纤维、合成树脂、合成橡胶等的重要原料。氮常用作保护气体。

表 2.18.9　纯氮、高纯氮和超纯氮的质量指标（GB/T 8979—2008）

项　　目		指　　标		
		纯氮	高纯氮	超纯氮
氮(N_2)纯度(体积分数)/$\times 10^{-2}$	≥	99.99	99.999	99.9999
氧(O_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	50	3	0.1
氩(Ar)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	—	—	2
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	15	1	0.1
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	5	1	0.1
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	10	1	0.1
甲烷(CH_4)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	5	1	0.1
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	15	3	0.5

注：本标准适用于空气分离或经净化得到的气态或液态的纯氮、高纯氮和超纯氮，主要适用于保护气、置换气和反应气。

用途：高纯氮在金属冶炼、电子工业、石油化工、热处理和食品包装等行业广泛作为洗涤气和保护气。高纯氮和超纯氮主要用作为大规模集成电路、半导体元件、半导体硅、锗的冶炼、彩色显像管等制造工艺中的保护气、运载气。

表 2.18.10　电子工业用氮的质量指标（GB/T 16944—2009）

项　　目		指　　标	
氮(O_2)纯度(体积分数)/$\times 10^{-2}$	≤	99.9999	99.9996
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.1	1.0
氧(O_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.2	0.5
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.1	0.5
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.1	0.5
总烃(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.1	0.5
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.2	0.5
总杂质含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	1	4
颗粒		供需双方协商	

注：本标准适用于以深冷法从空气中提取的气态，质量保证期 36 个月。

表 2.18.11　工业用液氯的质量指标（GB/T 5138—2006）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
氯的体积分数/%	≥	99.8	99.6	99.6
水分的质量分数(强制)/%	≤	0.01	0.03	0.04
三氯化氮的质量分数(强制)/%	≤	0.002	0.004	0.004
蒸发残渣的质量分数/%	≤	0.015	0.10	—
外观		黄绿色有刺激性气味		

用途：是用途极广的基本化工原料，用于纺织、造纸、医药、农药、冶金、合成橡胶及其他有机合成。

表 2.18.12 电子工业用高纯氯的质量指标（GB/T 18994—2003）

项目		指标	项目		指标
氯(Cl)气的体积分数/$\times 10^{-2}$	≥	99.996	二氧化碳的体积分数/$\times 10^{-6}$	≤	10
氧(O_2)的体积分数/$\times 10^{-6}$	≤	4	烃(C_1、C_2)的体积分数/$\times 10^{-6}$	≤	1
氮(N_2)的体积分数/$\times 10^{-2}$	≤	20	水分(H_2O)的体积分数/$\times 10^{-6}$	≤	3
一氧化碳的体积分数/$\times 10^{-6}$	≤	1			

注：C_1、C_2是指 CH_4、C_2H_2、C_2H_4。所含金属和颗粒的要求由供需双方协商。

用途：有机和无机氯化物（杀虫剂、溶剂、消毒剂、漂白剂、去污剂）的生产。

表 2.18.13 氩气的质量指标（GB/T 4842—2006）

项目		指标	
		纯氩	高纯氩
氩(Ar)纯度(体积分数)/$\times 10^{-2}$	≥	99.99	99.999
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	5	0.5
氧(O_2)(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	10	1.5
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	50	4
甲烷含量(CH_4)(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	5	—
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	5	—
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	10	—
甲烷+一氧化碳+二氧化碳含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	—	1
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	15	3

注：1. 甲烷含量、一氧化碳含量、二氧化碳含量可单独测量。

2. 本标准适用于深冷法从空气、合成氨尾气中提取的液态和气态氩，以及由纯化方法得到的氩。

用途：用于金属冶炼（氧、氩吹炼）和冶炼钛、锆、锗等特殊金属。氩在焊接中用作惰性保护气；在金属和合金的退火及辊轧中提供无氧无氮保护；以及用于冲洗熔化金属以消除铸件中的气孔。

表 2.18.14 电子工业用氩气的质量指标（GB/T 16945—2009）

项目		指标	
氩(Ar)纯度(体积分数)/$\times 10^{-2}$	≥	99.9999	99.9992
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.1	1
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.5	5
氧(O_2)(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.2	0.5
一氧化碳(CO)和二氧化碳(CO_2)总含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	CO：0.1，CO_2：0.1	0.5
总烃(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.1	0.5
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.2	0.5
总杂质含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	1	8
颗粒		供需双方协商	

用途：为超纯半导体中使用的锗和硅晶体提供保护气氛和热传导。

表 2.18.15 电子工业用氦气的质量指标（GB/T 16943—2009）

项目		指标	
氦气(He)纯度(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	99.9999	99.9995
一氧化碳+二氧化碳总含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	CO:0.1，CO_2:0.10.1	1
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.5	2
氧(O_2)(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.2	0.5
总烃(以甲烷计)(体积分数)/$\times 10^{-2}$	≤	0.1	0.5
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	0.2	0.5
总杂质含量(体积分数)/$\times 10^{-6}$	≤	1	5
颗粒		供需双方协商	

用途：在半导体工业中，氦用于生成锗和硅晶体的保护气，某些混合气的底气，清洗、屏蔽和加压系统的惰性气体，气相色谱载气，焊接保护气。也常用于科研及医疗用低温超导磁体制冷 。在原子能反应堆中作为气体冷却介质，气体温度计，氦质谱检漏，核磁共振扫描仪；在航天技术上用于液氢加注系统的置换，卫星和火箭的挤压气源及自控发动机用气源，氦制冷机。

表 2.18.16　氙气的质量指标（GB/T 5828—2006）

项　　目		指　　标			
		高纯氙		纯　氙	
		一等品	合格品	一等品	合格品
氙气(Xe)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	⩾	99.9995	99.999	99.995	99.99
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1.5	2.5	8	20
氧＋氩(O_2＋ Ar)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.5	1.5	4	5
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.5	1.5	4	5
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	0.2	0.4	1
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	0.3	0.8	1
甲烷含量(CH_4)(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	0.3	0.8	1
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1	2	3	3
氪(Kr)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1	2	20	50
氧化亚氮(N_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	0.2	1	1
氟化物(C_2F_6)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.1	0.5	10	15

用途：可作深度麻醉剂和 X 射线摄影的造影剂。氙气充填灯泡发光率高、体积小、寿命长、省电。可作有雾导航灯。氙灯聚光后可用于焊接或切割难熔金属。

表 2.18.17　氪气的质量指标（GB/T 5829—2006）

项　　目		指　　标		
		高纯氪	纯　氪	
		一等品	一等品	合格品
氪气(Kr)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	⩾	99.999	99.995	99.99
氮(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2	8	20
氧＋氩(O_2＋ Ar)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1.5	5	5
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.5	1	2
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.3	0.4	1
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.4	0.8	1
甲烷含量(CH_4)(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	0.3	0.8	1
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2	3	5
氙(Xe)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2	20	50
氟化物(C_2F_6)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1	10	15

用途：氪气用于白炽灯泡、荧光灯、计数管、激光用光源、紫外线源、标准气、特种混合气等。

表 2.18.18　纯氖的质量指标（GB/T 17873—1999）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
氖气纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	⩾	99.995	99.99	99.95
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2	3	10
氦含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	40	80	450
氧＋氩(以氧计)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2	2	5
氮含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	5	10	20
总碳(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	1	2	5
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	⩽	2	3	10

用途：氖用于充填辉光放电管、电子管、信号灯、荧光发射管、计数管、气体激光器、闸流管；特种应用的色谱载气。液氖可作为制冷剂，用于泡室中核粒子检测。

表 2.18.19 电子工业用氨气的质量指标（GB/T 14601—2009）

项目		电子级	光电子级	项目		电子级	光电子级
氨(NH_3)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	≥	99.9995	99.99994	氧(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	1	0.1
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	1	0.05	氮(N_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	1	0.1
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	—	0.1	烃(C_1～C_3)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	1	0.05
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	3	0.2	总杂质含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	5	0.6

光电子级产品的重金属含量

重金属含量(质量分数)/$\times10^{-6}$	气相	液相	重金属含量(质量分数)/$\times10^{-6}$	气相	液相	重金属含量(质量分数)/$\times10^{-6}$	气相	液相
锑(Sb)	0.01	0.01	碲(Te)	0.05	0.1	钾(K)	0.01	0.001
镉(Cd)	0.01	0.01	铅(Pb)	0.01	0.01	硅(Si)	0.01	0.05
钙(Ca)	0.01	0.05	锂(Li)	0.001	0.001	钠(Na)	0.01	0.01
铬(Cr)	0.01	0.05	镁(Mg)	0.01	0.05	锡(Sn)	0.01	0.1
钴(Co)	0.01	0.01	锰(Mn)	0.01	0.05	锌(Zn)	0.01	0.05
铜(Cu)	0.01	0.05	钼(Mo)	0.01	0.01	外观	无色有恶臭	
镓(Ga)	0.001	0.01	镍(Ni)	0.01	0.1			

用途：在微电子工业中，氨水可作刻蚀剂 H_2O_2 的清除剂，不污染环境。

表 2.18.20 电子工业用氧化亚氮气的质量指标（GB/T 14600—2009）

项目		指标	
氧化亚氮(N_2O)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	≥	99.9994	99.997
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	0.5	2
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	0.1	1
烃 C_1～C_2(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	0.1	1
二氧化氮(NO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	供需商定	1
氮(N_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	3	10
氧(O_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	0.5	2
水(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	1.0	3
氨(NH_3)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	供需商定	5
一氧化氮(NO)(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	供需商定	1
杂质总含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	<	5.5	26

用途：在半导体器件制造工艺中，用作平衡或保护气，在医药方面，用作为吸入性麻醉剂、防腐剂；也用于气密性检查、制冷剂以及原子吸收光谱用的助燃剂。

表 2.18.21 工业液体二氧化碳的质量指标（GB/T 6052—93）

项目		指标		
		优级品	一级品	合格品
二氧化碳含量(体积分数)/%	≥	99.8	99.5	99.0
游离水含量(质量分数)/%	≤	0.05	0.2	0.4
油分		不得检出	不得检出	—
气味		无异味	无异味	—

用途：石油采矿业中提高石油产量，机械铸造业作添加剂，优质钢、不锈钢、有色金属冶炼中作质量稳定剂，消防设备中作灭火剂，制造干冰，合成尿素肥料等。

表 2.18.22　食用液体二氧化碳的质量指标（GB 10621—2006）

项目		指标
二氧化碳（体积分数）/$\times10^{-2}$	≥	99.9
水分（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	20
酸度		按标准检验合格
一氧化氮（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	2.5
二氧化氮（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	2.5
二氧化硫（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	1.0
总硫（体积分数）（除二氧化硫外，以硫计）/$\times10^{-6}$	≤	0.1
碳氢化合物总（体积分数）（以甲烷计）/$\times10^{-6}$	≤	50（其中非甲烷烃不超过20）
苯（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	0.02
甲醇（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	10
乙醇（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	10
乙醛（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	0.2
其他含氧有机物①（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	1.0
氯乙烯（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	0.3
油脂的（质量分数）/$\times10^{-6}$	≤	5
水溶液气味、味道及外观		按标准检验合格
蒸发残渣的（质量分数）/$\times10^{-6}$	≤	10
氧气（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	30
一氧化碳（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	10
氨（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	2.5
磷化氢（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	0.3
氰化氢（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	0.5

① 包括二甲醚、环氧乙烷、丙酮、正丙醇、异丙醇、正丁醇、异丁醇、乙酸乙酯、乙酸异戊酯。

用途：饮料的添加剂，也可用于食品保鲜、储存等用途。本标准适用于食用二氧化碳的检验。

表 2.18.23　高纯二氧化碳的质量指标（GB/T 23938—2009）

项目		指标		
二氧化碳（CO_2）纯度（体积分数）/$\times10^{-2}$	≥	99.99	99.995	99.999
氢气（H_2）含量（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	5	3	0.5
氧气（O_2）含量（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	10	5	1
氮气（N_2）含量（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	50	30	3
一氧化碳（CO）含量（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	5	2	0.5
总烃（THC）含量（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	5	3	2
水分（H_2O）含量（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	15	8	3
硫化物、氰、磷化物		—	—	—

用途：食品饮料、中草药及啤酒花的超临界萃取、烟丝膨化、大棚气体肥料、冷藏保鲜。

表 2.18.24　焊接用二氧化碳气体的质量指标（HG/T 2537—1993）

项目		指标		项目		指标	
		优等品	一等品			优等品	一等品
二氧化碳纯度（体积分数）/%	≥	99.9	99.7	水蒸气和乙醇/%	≤	0.005	0.02
液态水		不得检出	不得检出	气味		无异味	无异味
油		不得检出	不得检出				

用途：是二氧化碳焊接的主要保护气源。

表 2.18.25 气相二氧化硅的质量指标（GB/T 20020—2005）

A类	B类	NSA典型值/(m^2/g)	A类	B类	NSA典型值/(m^2/g)
A50	B50	50	A200	B200	200
A70	B70	70	A250	B250	250
A90	B90	90	A300	B300	300
A110	B110	110	A380	B380	380
A150	B150	150	外观	蓬松的白色粉末	

分类名称	氮吸附比表面积/(m^2/g)	45μm筛余物(质量分数)/%	悬浮液pH值	105℃挥发物(质量分数)/%	燃烧减量(质量分数)/%	二氧化硅(质量分数)/%	三氧化二铝/(mg/kg)	二氧化钛/(mg/kg)	三氧化二铁/(mg/kg)	碳[①](质量分数)/%	氯化物(质量分数)/%
A50	40～59										
A70	60～79										
A90	80～99										
A110	100～125										
A150	126～175	≤0.05	3.6～4.5	≤3	≤2.5	≥99.8	≤500	≤300	≤30	≤0.2	≤0.025
A200	176～225										
A250	226～275										
A300	276～335										
A380	336～405										
B50	40～59										
B70	60～79										
B90	80～99										
B110	100～125										
B150	126～175	—	3.4～8[②]	≤1	≤10.0	≥99.8	≤500	≤300	≤30	≤0.3	≤0.02
B200	176～225										
B250	226～275										
B300	276～335										
B380	336～405										

① 碳含量可以是燃烧减量的一部分。

② 用1+1的甲醇水溶液。

用途：广泛应用于橡胶、塑料、涂料、胶黏剂、密封胶等高分子工业领域。

表 2.18.26 电子工业用砷化氢气的质量指标（GB/T 26250—2010）

项　目	指标	项　目	指标
砷化氢(H_3As)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$ ≥	99.999	水气(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ <	3
氧+氩(O_2+Ar)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ <	1	磷化氢(H_3P)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ <	0.5
氮(N_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ <	3	总杂质含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	10
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ <	1	颗粒	供需协商
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ <	1	金属离子	供需协商
甲烷(CH_4)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ <	1	性状	无色、蒜味、极毒

用途：在半导体器件制备过程中，砷化氢用于掺杂以及化合物半导体外延。

表 2.18.27 电子工业用硒化氢气的质量指标（GB/T 26249—2010）

项　目	指标	项　目	指标
硒化氢(H_2Se)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$ ≥	99.99	二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	10
氢(H_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	20	总烃(以甲烷计)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	10
氧+氩(O_2+Ar)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	10	硫化氢(H_2S)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	10
氮(N_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	20	水气(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	10
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$ ≤	10	性状	无色有恶臭

用途：半导体用料及制硒化物和含硒的有机化合物等。

表 2.18.28　电子工业用磷化氢气体的质量指标（GB/T 14851—2009）

项　目		指　标		
磷化氢(H_3P)纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$	≥	99.9997	99.999	99.99
砷化氢(AsH_3)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.1	2	10
氮(N_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	3	50
氧(氩)(O_2/ Ar)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.5	1	5
一氧化碳(CO)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.5	0.5	1
二氧化碳(CO_2)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.5	1	10
总烃(以甲烷计)(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	1	4
水分(H_2O)含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	1	1
杂质总含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	3	10	100
金属离子		供需双方协商		
颗粒		供需双方协商		

注：质量保证期24个月。

表 2.18.29　电子工业用硅烷气体的质量指标（GB/T 15909—2009）

项　目		指　标	
硅烷(SiH_4)纯度(摩尔分数)/$\times10^{-2}$	≥	99.994	99.95
一氧化碳＋二氧化碳总含量(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	5
氯化物总量(包括氯硅烷、HCl等)(摩尔分数)/$\times10^{-6}$			
可离子化的氯化物(用Cl^-表示)/$\times10^{-6}$	≤	1	5
烃(C_1～C_3)含量(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	0.2	10
氢(H_2)含量(摩尔分数)/$\times10^{-2}$	≤	50	400
氮(O_2)含量(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	5
氧(O_2)(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	1
水分(H_2O)含量(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	2
甲硅醚含量(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	—
甲基硅烷含量(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	—
乙基硅烷含量(摩尔分数)/$\times10^{-6}$	≤	1	—
总杂质含量(体积分数)/$\times10^{-6}$	≤	57.4	428
颗粒		供需双方协商	
重金属含量(每10^9个硅原子中含有杂质的原子数)		溶解层	
铝(Al)	≤	0.2	
锑(Sb)	≤	0.2	
砷(As)	≤	0.2	
硼(B)	≤	0.2	
镓(Ga)	≤	0.2	
磷(P)	≤	0.2	
铬(Cr)＋铜(Cu)＋铁(Fe)＋镍(Ni)＋锌(Zn)	≤	1.0	

用途：用于集成电路制造、太阳能电池、涂膜反射玻璃等。

表 2.18.30　工业无水氟化氢的质量指标（GB 7746—2011）

项　目		指标(质量分数)/%			
		Ⅰ类	Ⅱ类		
			优等品	一等品	合格品
氟化氢	≥	99.98	99.96	99.92	99.8
水分	≤	0.005	0.02	0.04	0.06
氟硅酸	≤	0.005	0.008	0.015	0.050
二氧化硫	≤	0.003	0.005	0.010	0.030
不挥发酸(以H_2SO_4计)	≤	0.005	0.005	0.010	0.050
外观		在低温或一定压力下为无色透明液体，在空气中发烟			

用途：Ⅰ类用于生产电子级氢氟酸；Ⅱ类用于生产氟化剂、氟卤烷烃和氢氟酸试剂及其他含氟产品等。

表 2.18.31 电子工业用气体三氟化氮的质量指标（GB/T 21287—2007）

项目		指标				
三氟化氮（NF_3）（体积分数）/$\times10^{-2}$	≥	99.5	99.9	99.98	99.99	99.996
四氟化碳（CF_4）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	1500	500	100	50	20
氮（N_2）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	700	50	10	10	5
氧加氩（O_2+Ar_2）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	700	50	10	5	3
一氧化碳（CO）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	50	10	10	5	1
二氧化碳（CO_2）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	25	10	10	5	0.5
氧化亚氮（N_2O）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	50	10	10	5	1
六氟化硫（SF_6）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	50	50	10	5	2
可水解氟化物（以 HF 计）或总酸度（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	1	1	1	1	1
水（H_2O）（体积分数）/$\times10^{-6}$	≤	1	1	1	1	1

用途：是非常良好的清洗剂，同时也应用于芯片制造、高能激光器方面。

表 2.18.32 电子工业用三氟化硼气体的质量指标（GB/T 14603—2009）

项目		直接反应方法制备		热反应方法制备
		指标		指标
三氟化硼（BF_3）纯度（摩尔分数）/$\times10^{-2}$	≥	99.999	99.995	99.995
氮（N_2）（摩尔分数）/$\times10^{-4}$	<	2	20	10
氧＋氩（O_2+Ar）（摩尔分数）/$\times10^{-6}$	<	1	10	10
二氧化碳（CO_2）（摩尔分数）/$\times10^{-6}$	<	1	5	10
四氟化碳（CF_4）（摩尔分数）/$\times10^{-6}$	<	1	5	20
四氟化硅（SiF_4）（摩尔分数）/$\times10^{-6}$	<	5	10	8
总杂质（摩尔分数）/$\times10^{-6}$	≤	10	50	50
颗粒		供需双方协商		供需双方协商

用途：半导体制造用掺杂气、离子注入气、光导纤维制造。

表 2.18.33 电子工业用气体六氟化硫的质量指标（GB/T 18867—2002）

项目		指标
六氟化硫（SF_6）的体积分数/$\times10^{-2}$	≥	99.99
空气的体积分数/$\times10^{-6}$	≤	50.0
四氟化碳（CF_4）的体积分数/$\times10^{-6}$	≤	15.0
水分（H_2O）的体积分数/$\times10^{-6}$	≤	8.0
酸度（以 HF 计）的体积分数/$\times10^{-6}$	≤	1.0
可水解氟化物（以 HF 计）的体积分数/$\times10^{-6}$	≤	1.0
其他杂质（CO_2、C_2F_5、C_3F_8、SO_2F_2、S_2OF_2、S_2OF_{10}）的体积分数/$\times10^{-6}$	≤	15.0
杂质总和的体积分数/$\times10^{-6}$	≤	100
颗粒		协商

用途：用作电子设备和雷达波导的气体绝缘体。用作高压开关、大容量变压器、高压电缆的绝缘材料。

表 2.18.34　电子工业用 5N 氯化氢气体的质量指标（GB/T 24469—2009）

<table>
<tr><th colspan="2">项　　目</th><th>指　　标</th><th colspan="2">项　　目</th><th>指　　标</th></tr>
<tr><td colspan="2">氯化氢纯度(体积分数)/$\times10^{-2}$　≥</td><td>99.999</td><td rowspan="2">杂质含量(体积分数)/$\times10^{-4}$</td><td>一氧化碳　≤</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td rowspan="4">杂质含量(体积分数)/$\times10^{-4}$</td><td>氮　≤</td><td>2.0</td><td>二氧化碳　≤</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td>氧＋氩　≤</td><td>1.0</td><td rowspan="3">金属离子含量(质量分数)/$\times10^{-4}$</td><td>铁　≤</td><td>0.5</td></tr>
<tr><td>甲烷＋乙炔　≤</td><td>1.0</td><td rowspan="2">其他(锰、钴、锌、铜、铬、镍等)≤</td><td rowspan="2">0.1</td></tr>
<tr><td>水　≤</td><td>1.0</td></tr>
</table>

注：表中指标是瓶装氯化氢产品出厂时气相取样分析的质量指标，保质期两年。

表 2.18.35　电子工业用三氯化硼气体的质量指标（GB/T 17874—2010）

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
三氯化硼(BCl_3)纯度的体积分数/$\times10^{-2}$　≥	99.9995	甲烷(CH_4)的体积分数/$\times10^{-6}$　≤	0.5
氧＋氩(O_2＋Ar)的体积分数/$\times10^{-6}$　≤	1	总杂质的体积分数/$\times10^{-6}$　≤	5
氮(N_2)的体积分数/$\times10^{-6}$　≤	4	金属离子　≤	协商
一氧化碳(CO)的体积分数/$\times10^{-6}$　≤	0.5	颗粒	协商
二氧化碳(CO_2)的体积分数/$\times10^{-6}$　≤	0.2		

用途：作半导体的掺杂源。

第3章 无 机 酸

目 录

3.1 物性总览

表 3.1.1 无机酸的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	形态	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$[BH_2(NH_3)](BH_4)$	四氢硼酸	61.73	白	微晶	粉末									+液氨
BPO_4	硼磷酸	105.78	白	四		2802	>1200		//		−	+		
D_3PO_4	含氘磷酸	101.00	无	固	1.4430	1908.2	45.95							
$HArCl_4 \cdot 4H_2O$	氯金酸·4水	411.82	金黄	针	腐蚀 ≈		//		+	++	÷三氯甲烷		+++	+++乙醚
H_3AsO_3	亚砷酸	125.94	无	液	澄明 微咸									
$H_3AsO_4 \cdot 1/2H_2O$	原砷酸·0.5水	150.94	无	晶	剧毒	2000-500	35.5	160	+				÷	+甘油;液氨
$H_3AsO_4 \cdot 1/2H_2O$	砷酸·0.5水	150.94	无	晶	～	2000-2500	35.5	$-H_2O$ 160	16.7	50	+稀 Cl	+	++	++甘油
$H_4As_2O_7$	焦砷酸	265.87	无	棱			// 206		→H_3AsO_4					
$HAsO_3$	偏砷酸	123.93	白		有毒 ～		//	→H_2AsO_4	//					
$HAu(NO_3)_4$	四硝酸根络金氢酸	446.00	黄	晶					//					+稀 KI 溶液
$HAu(NO_3)_4 \cdot 3H_2O$	四硝酸根络金酸·3水	500.05	黄	四		2840	//				+N			
$HAuBr_4 \cdot 5H_2O$	溴金酸·5水	607.63	红棕	晶			27		+					
HBF_4	氟硼酸	87.81	无	液				130 //	∞	∞			∞	
HBO_2	偏硼酸	43.82	白	立	1.619	2486	236		÷÷					
H_3BO_2	硼酸	61.84	白	三	1.456	1435^{-15}	185//	$-1.5H_2O$ 300	表 3.5.1		÷丙酮	甘油 28^{20}	5.56	①
$HBiO_3$	铋酸	257.99	红			5750	120	357	−		+	+		
HBr	氢溴酸	80.92	灰黄	液	刺激 1.325	2770^{-67}	−86	−67	221	130			+	++氯苯、乙酸
$HBr(47.8\%)$	氢溴酸(47.8%)	80.92	无	液		1486	−11	126	∞				+	
$HBr \cdot H_2O$	氢溴酸·1水	98.94	无	液		1780			(在15.5℃、101kPa和−11.3℃、252kPa时稳定)					
$HBr \cdot 2H_2O$	氢溴酸·2水	116.96	白	晶		2110^{-15}	−11		+	+			+	
$HBr \cdot 3H_2O$	氢溴酸·3水	134.96	无	液			−49.6//		+					
$HBr \cdot 4H_2O$	氢溴酸·4水	152.98	无	液			−57.9		+					
$HBr \cdot 6H_2O$	氢溴酸·6水	189.01	无	液			//−88.2		+					

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	形态	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
HBrO	次溴酸	96.91	黄	仅存溶液中				40^{66}	+	//				+乙醚、氯仿
$HBrO_3$	溴酸	128.92	无	仅存溶液中		1120	// 100		++	//				
$H_5BW_{12}O_{40}\cdot 30H_2O$	硼钨酸·30水	3402.49	四			3000	45～51		+					
$HClO_3\cdot 7H_2O$	氯酸·7水	210.58	无	固		1282^{14}	<−20	// 40	++					
$HClO_4$	高氯酸	100.46	无	液	发烟,不稳定	1768^{22}	−112	25(炸 110)	∞ ×				+	
$HClO_4\cdot H_2O$	高氯酸·1水	118.48		针	相对稳定	1800	50	//	+					
$HClO_4\cdot 2H_2O$	高氯酸·2水	136.50	无	液	稳定	1710^{25}	−17.8	200	++				+	
$HClSO_3$	氯磺酸	116.52		液	发烟 1.437^{14}	1766^{18}	−80	158	//		+		+	$-CS_2$
HCN	氢氰酸	27.03	无	液	剧毒 1.254	697^{18}	−14	26	∞	∞			∞	∞乙醚
HCNS	硫氰酸	59.09	无	液	挥发 微毒		−110	聚合−90	++				++	++乙醚、苯
HF	氢氟酸	20.01	无	液或气	发烟	988	−83	19.4	∞	++				
HF(35.4%)	氢氟酸(35.4%)	20.01	无	液		1150	−35	120	++					
$HFSO_3$	氟核酸	100.07	无	液		1743^{16}	−87.3	165.5	//					
$H_3Fe(CN)_6$	氰铁酸	214.98	绿棕	针粉	≈		50～60//		+	+			+	−醚
$H_4Fe(CN)_6$	亚铁氰酸	215.99	白或浅绿	晶粉					+			+	+	−醚
35.4%HF+H_2O	氢氟酸(恒沸液)		无	液	发烟			120	++					
H_2SiF_6	氟硅酸	144.09	无	液	发烟	1320		108.5			+	+		
HI	氢碘酸	127.93	黄	液		2850^{-5}	−50.8	-35.5^{400}	120^{0}mL	++			+	
57%HI+H_2O	氢碘酸(恒沸液)		淡黄	液		1700^{15}	−43	127	+++				+	
$HI\cdot H_2O$	氢碘酸·1水	145.92	无	液		1700		127^{103}	∞				∞	
$HI\cdot 2H_2O$	氢碘酸·2水	163.93	无	液			−43		∞				+	
$HI\cdot 3H_2O$	氢碘酸·3水	181.94	无	液			−48		∞				+	
$HI\cdot 4H_2O$	氢碘酸·4水	199.95	无	液			−36.5		∞				+	
HIO	次碘酸	143.93	绿黄	仅存溶液中					//	//				
HIO_3	碘酸	175.91	无	斜(白,粉,见光变暗)		4629^{0}	110 //	→$I_2O_5$195	表 3.5.1		+N		++(87%)	②
HIO_4	高碘酸	191.91	白	晶			↑110	// 138	+ //					
$HIO_4\cdot 2H_2O$	高碘酸·2水	227.96	无	单	易变色 ～		// 110		++	++			÷	÷乙醚
H_5IO_6	原高碘酸	227.94	无	单	～		122	//140	++	++			+	+乙醚
$H_4Mn(CN)_6$	氰锰酸	215.07					//		−				+	−乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	形态	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$HMnO_4$	高锰酸	119.94		仅存溶液中					++	//			//	
$HMoO_4 \cdot 2H_2O$	过钼酸·2水	196.99	白	晶						++	++			
H_2MoO_4	钼酸	161.95	白-微黄	六		3110	// 115		++热	÷	+ S*	×	++NaOH	-液氨;+NH_4OH
$H_2MoO_4 \cdot H_2O$	钼酸·1水	179.98	黄	单		3124^{15}	$-H_2O$ 70	$-2H_2O$ 200	0.133^{18}	2.13^{70}	÷	+	++NaOH	+铵盐、NH_4OH
HN_3	叠氮酸	43.03	无	液		1130	-80	36	∞				∞	
HNO_2	亚硝酸	47.01	浅蓝	仅存溶液中			//							
HN_2O_2	次硝酸	62.03	白				炸		+					
HNO_3	硝酸	63.01	无	液	刺激	1512^{20}	-42	83	∞	∞			炸	+乙醚
HNO_3	发烟硝酸	63.01	黄或红棕	液		1500			∞					
69%HNO_3+31%H_2O	硝酸(恒沸物)		无	液		1410^{20}		120.5	++	++				
$HNO_3 \cdot HO$	硝酸·1水	81.03	无	液			-38		∞	∞			//	
$HNO_3 \cdot 3H_2O$	硝酸·3水	117.06	无	液			-18.5		263^{-20}	∞			//	
H_2NSO_2OH	氨基磺酸	97.09	无	斜	1.3970	2126^{25}	200 //	//	14.7	47.1^{60}	÷乙醚	÷丙酮	÷	-CS、CCl_4
HOCN	氰酸	43.05		液	挥发	1140			+ //					+苯、甲苯、乙醚
HPF_6	六氟磷酸	145.97	无	液	发烟	1650△			+					△ -65% 溶液
HPO_2	偏亚磷酸	63.98	无	晶	雪片状				//					
HPO_3	偏磷酸	79.98	无	液	透明 ≈	2200～2500	↑		表 3.5.1	→H_3PO_4			+	-CO_2(液)
$HP_2O_5 \cdot 12WO_3 \cdot 42H_2O$	十二钨磷酸·42水	3681.43	黄绿	晶					+				+	+乙醚
$H_2PO_2F_2$	二氟磷酸	102.99	无	液	发烟	1583	-96.5	115.9	+					
H_2PO_3F	一氟磷酸	99.99	无	油	发烟	1818	-80		++				++	
H_3PO_2	次磷酸	66.00	无	糖	～	1493^{19}	26.5	// 5	∞	∞			++	++乙醚
$H_3PO_2F_2$	二氟磷酸	102.99	无	液	发烟	1583	-96.5	115.9	//					
H_3PO_3	亚磷酸	82.00	无	晶	蒜味≈	1651^{21}	74	// 200	表 3.5.1				++	
H_3PO_4	磷酸	98.00	无	正	无气味	1874^{25}	$22^{42.3}$	261	548^{20}	+++	+(6份乙醚+2份乙醇)		++	
$H_3PO_4 \cdot 12Mo_3 \cdot 12H_2O$	十二水钼磷酸	2041.60	黄	棱晶	光泽	2530	55	// 100	+				+	+乙醚
$H_3PO_4 \cdot 12Mo_3$	磷钼酸	1825.25	黄	菱		3150	70～80		+	+				+乙醚
$H_4P_2O_5$	焦亚磷酸	145.98	无	针			38	//130	//					
$H_4P_2O_6$	连二磷酸	161.98		晶			55	//70	+	450^{62}				
$H_4P_2O_7$	焦磷酸	177.98	无	针	～		61	//	709^{23}	→H_3PO_4			++	++乙醚
$H_7P(Mo_3O_7)_6 \cdot 28H_2O$	磷钼酸·28水	2365.71	黄	正		2530	78	$-25H_2O$ 140	+		+N			
$H_2PtBr_6 \cdot 9H_2O$	溴铂酸·9水	838.60	洋红	单	～			<100 //		+++	+++		+++	+++乙醚、氯仿
H_2PtCl_4	氯亚铂酸	339.07	红	仅存溶液中										

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	形态	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
$H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂氢酸·6水	517.92	红棕	晶	～	2430	60	// >115	++	++			+(无水)	++乙醚；+丙酮
$H_2Pt(CN)_4$	氰亚铂酸	301.37					100 //		+++	+++			+++	+++乙醚、氯仿
$H_2PtI_6 \cdot 9H_2O$	碘铂氢酸·9水	1120.91	棕	单	～				+//				−	+甘油 2.2^{20}
$H_2[Pt(OH)_6]$	六氢氧基合铂酸	299.29	黄	针	空气中稳定		$-2H_2O$ 100	$-3H_2O$ 120	−	÷÷	+++	+++		$+H_2SiF_6$
$H_2(RuO_2Cl_4) \cdot 3H_2O$	二氧四氯钌酸·3水	331.60	褐		～		120	//140	++				++	−液氨
H_3RhCl_6	六氯合铑酸	318.65	红褐	晶					易溶				易溶	
H_2S	氢硫酸	34.08		液	易燃 1.374	1539^{0}	−85.5	−60.7	437^{0} cm³	186^{40} cm³			9.54^{20} cm³	$+CS_2$
H_3SbO_3	亚锑酸	172.78	白	无			//		−	−			−	
H_4SbO_7	焦锑酸	359.55	白	无					÷	÷		+		
H_2SeO_3	亚硒酸	128.98	无	六	～	3004^{15}	//>70		表3.5.1		+S		//	−液氨
H_2SeO_4	硒酸	144.98	白	六	～	2950^{15}	62.4	// 265	表3.5.1					
$H_2SeO_4 \cdot H_2O$	硒酸·1水	162.99	白	针		2627^{15}	26	205	426	567^{20}				
H_2SiF_6	氟硅酸	144.08	无	液	腐蚀				∞	∞				
$H_2SiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸·1水	180.12	白	晶	发烟～		//		+	+		+		
$H_2SiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸·2水	180.12	白	晶	发烟 ≈		//		+					
$H_2SiF_6 \cdot xH_2O$	氟硅酸·x水		无	液	易燃 1.346	1463△	//		+					△ −61%溶液
$H_8Si(Mo_2O_7)_6 \cdot 28H_2O$	硅钼酸·28水	2363.83	黄	四			45	// 100						
H_2SiO_3	硅酸	78.08	白	单	1.410	2100～2300	//		−	−	−	+熔融态		$-NH_4Cl$；++HF
H_4SiO_4	原硅酸	96.09		无		1576^{17}			÷	÷		×	+	$-NH_4Cl$+甘油
$H_4Si(W_3O_{10})_4 \cdot 26H_2O$	硅钨酸·26水	3346.69	淡黄	晶	≈						++	++	++	
$H_2SiW_{12}O_{42}$	十二钨硅酸	2915.2	黄	晶					960^{18}					
$H_2SnCl_6 \cdot 6H_2O$	氯锡酸·6水	441.55			～	1971^{28}	19.2		+					
H_2SnO_3	偏锡酸(α)	168.72	白	无			$-H_2O$ 200		−	−	+	+		
$H_{10}Sn_5O_{15}$	偏锡酸(β)	843.58	白						−	−	−	+KOH		
H_2SO_3	亚硫酸	82.08	无	液	窒息　有还原性	1030^{25}								易分解氧化
HSO_3Cl	氯磺酸	116.52	无或棕	油	腐蚀发烟 1.437	1766^{18}	−80.5	151.5^{102} //	炸		//		//	③
HSO_3F	氟磺酸	100.07	无	液	发烟	1743^{15}	−87.3	165.5	+					
$HOSO_2Br$	溴磺酸	240.90	无	液	≈		−6～−8	//	//					
$HOSO_2Cl$	氯磺酸	116.52	无	液		1784	−80	152	///					
H_2SO_4	硫酸	98.08	无	粘	1.429	1834	10.5	// 330	∞	∞			//	
$H_2SO_4\text{-}xSO_3$	发烟硫酸		无	稠					1.81^{20}　$8.18^{98.5}$	2.31^{30}				

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	形态	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$H_2S_2O_7$	焦硫酸	178.14	无	晶	～	1900^{20}	35	//	//	//			//	
$H_2S_2O_8$	过二硫酸	194.14	无	晶	～		65　//	//	＋＋	//	＋S		＋	＋乙醚
$H_2SnCl_6 \cdot 6H_2O$	氯锡酸·6水	441.55			～	1971^{28}	19.2		－					
H_2SO_3	亚硫酸	82.08		仅存溶液中		1030			＋				＋	＋乙酸、乙醚
$H_2SO_4 \cdot 2H_2O$	硫酸·2水	134.11	无	液	1.405	1650^{0}	－38.9	167	∞	∞			//	
$H_2SO_4 \cdot H_2O$	硫酸·1水	116.09	无	棱或液	1.438	1842	8.6	290	∞	∞			//	
$H_2SO_4 \cdot xSO_3$	发烟硫酸(20%)		无-棕	油		1900	－11	166.6						
H_2SO_5	过一硫酸	114.08	无				//　45		//		＋S	＋H_3PO_4		＋冰乙酸
H_2TeO_3	亚碲酸	177.62	白	正或单		3050	－H_2O 40		÷	//	＋	＋		
H_2TeO_4	碲酸	193.63	白			3440^{19}	//　160		＋	＋	＋热	－		
$H_2TeO_4 \cdot 2H_2O$	碲酸·2水	229.66	无	立或单		3060	－$2H_2O$ 130		19.7	258.5	＋	＋	－	
H_6TeO_6	原碲酸	229.64	无	单、立		3120		－$2H_2O$ 160	19.7	258			－	
H_2TiO_3	钛酸	97.92	白	粉					÷　//	－	÷÷	＋	－	＋浓硫酸
H_4TiO_4	原钛酸	115.93	白				//		－		＋	＋浓		
H_2UO_4	铀酸	304.09	黄	粉		5926^{15}	－H_2O 250		－	－	＋	÷÷	－	＋碳酸盐溶液
HVO_3	偏钒酸	99.95	黄	鳞					－		＋	＋		－液氨
$H_2V_4O_{11}$	四钒酸	381.71	棕	无					－		＋	＋		＋NH_4OH
$H_4V_2O_7$	焦钒酸	217.93	浅黄	非					－		＋	＋		＋NH_4OH
$H_2W_4O_{13} \cdot 9H_2O$	偏钨酸·9水	1107.55	无	四		3930	//　50		88.6	112^{44}		＋		＋乙醚　110.824
H_2WO_4	钨酸	249.87	黄	斜	2.240	5500	－$1/2H_2O$ 100	1473	－	÷	－	＋	＋液氨	÷NH_4OHHF
$H_2WO_4 \cdot H_2O$	钨酸·1水	267.88	白				100→$H_2W_2O_7$		－			＋		＋NH_4OH、HF
$3Nb_2O_5 \cdot 7H_2O$	铌酸	923.57	白	无		4300	//		－		＋S	＋		＋HF;液氨
NH_2SO_3H	氨基磺酸	97.09	白	正		2030^{12}	205　//	//	20	40^{70}			÷	÷丙酮;－乙醚
NO_2HSO_3	酸式硝基偏硫酸	127.08	无	正			73　//		//		＋S			
$PONH_2(OH)_2$	氨基磷酸	97.02		立			//		＋＋	＋＋　//			－	
$P_2O_5 \cdot 2WO_3 \cdot 42H_2O$	磷钨酸·42水	3681.67	黄-绿	晶					＋				＋	＋乙醚
$Si_2O_2(OH)_2$	乙硅二酸	122.14	白	无			//		－					

① 微溶于乙醚0.24，液氨1.2925；溶于甲醇20.2；在B_2O_3中分解。

② 不溶于无水乙醇、乙醚和氯仿。

③ 不溶于CS_2、CCl_4；溶于乙酸、乙酸酐、三氟乙酸、二氯乙烷、三氯乙烷和四氯乙烷，与苯发生反应；有汞盐或其他催化物存在时分解。

表 3.1.2 无机酸的危险品特性总览

名称	CAS 号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
盐酸	7647-01-0	81013	30.66/(21℃)	不	※	※	—	※	W,T	8.1	R34;R37	S26;S45;
硝酸	7697-37-2	81002	4.4/(20℃)	助	※	※	乙	※	T,R,W	8.1	R8;R35	S23;S26;S36;S45
硫酸	7664-93-9	81007	0.13/(145.8℃)	助	※	※	乙	※	T,JS	8.1	R35	S26;S30;S45
亚硫酸	7782-99-2	81011	—	助	※	※	乙	※	P,R,T	8.1	20-34	26-36/37/39-45
发烟硫酸	8014-95-7	81006	—	助	※	※	乙	※	T,JS	8.1		
磷酸	7664-38-2	81501	0.67/(25℃)	助	※	※	—	※	P,R,G,T	8.1	R34	S26;S45
亚磷酸	13598-36-2	81502	—	助	※	※	—	※	W,P,R,T	8.1	R22;R35	S26;S36/37/39;S45
多聚磷酸	8017-16-1	81505	—	助	※	※	—	※	P,R,T	8.1	R34	S25;S36/37/39;S45
次磷酸	6303-21-5	81504	<2.27/(20℃)	助	※	※	—	※	W,P,R,T	8.1	R34	S26;S36/37/39;S45
氟硅酸	16961-83-4	81025	—	不	※	※	—	※	P,R,G,T	8.1	R34	S26;S27;S45
氟硼酸	16872-11-0	81026	0.67/(20℃)	助	※	※	—	※	T,R	8.1	R34	S26;S37;S45
氢氟酸	7664-39-3	81016	—	不	※	※	—	※	W,P	8.1	R26/27/28;R35	S26;S36/37;S45;S7/9
氢氰酸	74-90-8	61004	53.33/(9.8℃)	易	17.8	538	甲	5.6/40.0	W,T	6.1		
氢溴酸	10035-10-6	81017	—	助	※	※	—	※	T,R,W	8.1	R10;R34;R37	S26;S45;S7/9
氢碘酸	10034-85-2	81019	—	助	※	※	—	※	T,R,W	8.1	R	S26;S36/37/39;S45;S9
砷酸	7774-41-6	61011		不	※	※		※	S,G,T	6.1	R	
高氯酸	7601-90-3	51015	2.00/(14℃)	助	※	※	甲	※	W,P,R,T	5.1	R5;R8;R35	S23;S26;S36;S45
高碘酸	10450-60-9	51512	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R8;R34	S17;S26;S36/37/39;S45
偏磷酸	37267-86-0	无	0.004/(20℃)	助	※	※	—	※	P,R,T,G	—		
硒酸	7783-08-6	81030	—	助	※	※	—	※	W,T	8.1		
锇酸	20816-12-0	61026	0.93/(20℃)	助	※	※	乙	※	S,T	6.1		
硼酸	10043-35-3			不	※	※		※	K		R60	S45;S53
碘酸	7782-68-5	51515	—	助	※	※	乙	※	W,S	5.1	R34;R8	S17;S26;S36/37/39;S45

3.2　浓度和密度

3.2.1　盐　　酸

表 3.2.1　盐酸的浓度及密度　　　　单位：g/cm³

浓度/%	温度/℃							
	−5	0	10	20	40	60	80	100
1	1.0048	1.0052	1.0048	1.0032	0.9970	0.9881	0.9768	0.9636
2	1.0104	1.0106	1.0100	1.0082	1.0019	0.9930	0.9819	0.9688
4	1.0213	1.0213	1.0202	1.0181	1.0116	1.0026	0.9919	0.9791
6	1.0321	1.0319	1.0303	1.0279	1.0211	1.0121	1.0016	0.9892
8	1.0428	1.0423	1.0403	1.0376	1.0305	1.0215	1.0111	0.9992
10	1.0536	1.0528	1.0504	1.0474	1.0400	1.0310	1.0206	1.0090
12	1.0645	1.0634	1.0607	1.0574	1.0497	1.0406	1.0302	1.0188
14	1.0754	1.0741	1.0711	1.0675	1.0594	1.0502	1.0398	1.0286
16	1.0864	1.0849	1.0815	1.0776	1.0692	1.0598	1.0494	1.0383
18	1.0975	1.0958	1.0920	1.0878	1.0790	1.0694	1.0590	1.0479
20	1.1087	1.1067	1.1025	1.0980	1.0888	1.0790	1.0685	1.0574
22	1.1200	1.1177	1.1131	1.1083	1.0986	1.0886	1.0780	1.0668
24	1.1314	1.1287	1.1238	1.1187	1.1085	1.0982	1.0874	1.0761
26	1.1426	1.1396	1.1344	1.1290	1.1183	1.1076	1.0967	1.0853
28	1.1537	1.1505	1.1449	1.1392	1.1280	1.1169	1.1058	1.0942
30	1.1648	1.1613	1.1553	1.1493	1.1376	1.1260	1.1149	1.1030
32				1.1593				
34				1.1691				
36				1.1789				
38				1.1885				
40				1.1980				

表 3.2.2　盐酸的浓度和密度（15℃）

密度/(g/cm³)	氯化氢浓度 (质量分数)/%	氯化氢浓度 /(g/L)	密度/(g/cm³)	氯化氢浓度 (质量分数)/%	氯化氢浓度 /(g/L)
1.000	0.16	1.6	1.105	20.97	231.7
1.005	1.15	11.6	1.110	21.92	243.7
1.010	2.14	21.6	1.115	22.86	255.1
1.015	3.12	31.7	1.120	23.82	266.8
1.020	4.10	42.1	1.125	24.78	278.9
1.025	5.14	52.7	1.130	25.75	291.0
1.030	6.15	63.3	1.135	26.70	303.2
1.035	7.16	74.1	1.140	27.66	315.4
1.040	8.16	84.9	1.145	28.61	327.7
1.045	9.17	95.8	1.150	29.57	340.1
1.050	10.17	106.8	1.155	30.55	352.9
1.055	11.18	118.0	1.160	31.52	365.6
1.060	12.19	129.2	1.165	32.49	378.5
1.065	13.19	140.4	1.170	33.46	391.5
1.070	14.17	151.6	1.175	34.42	404.4
1.075	15.16	163.0	1.180	35.38	417.5
1.080	16.15	174.7	1.185	36.31	430.3
1.085	17.13	185.9	1.190	37.23	443.1
1.090	18.11	197.4	1.195	38.17	456.2
1.095	19.06	206.3	1.200	39.11	469.3
1.100	20.01	220.1			

表 3.2.3 20℃时盐酸的浓度和密度（Ⅰ）

密度 ρ_{20} /(g/mL)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/mL)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/mL)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)
1.000	0.360	0.099	1.070	14.50	4.253	1.135	27.18	8.459
1.005	1.360	0.375	1.075	15.49	4.565	1.140	28.18	8.809
1.010	2.364	0.655	1.080	16.47	4.878	1.145	29.17	9.159
1.015	3.374	0.939	1.085	17.45	5.192	1.150	30.14	9.505
1.020	4.388	1.227	1.090	18.43	5.510	1.155	31.14	9.863
1.025	5.408	1.520	1.095	19.41	5.829	1.160	32.14	10.23
1.030	6.433	1.817	1.100	20.39	6.150	1.165	33.16	10.60
1.035	7.464	2.118	1.105	21.36	6.472	1.170	34.18	10.97
1.040	8.490	2.421	1.110	22.33	6.796	1.175	35.20	11.34
1.045	9.510	2.725	1.115	23.29	7.122	1.180	36.23	11.73
1.050	10.52	3.029	1.120	24.25	7.449	1.185	37.27	12.11
1.055	11.52	3.333	1.125	25.22	7.782	1.190	38.32	12.50
1.060	12.51	3.638	1.130	26.20	8.118	1.195	39.37	12.90
1.065	13.50	3.944	1.135	27.18	8.459	1.198	40.00	13.14

表 3.2.4 20℃时盐酸的浓度及密度（Ⅱ）

浓度 (质量分数)/%	浓度 /(g/L)	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm³)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(g/L)	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm³)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(g/L)	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm³)
1	10.03	0.28	1.003	15	160.0	4.41	1.072	28	319.0	8.75	1.139
2	20.16	0.55	1.008	16	172.4	4.73	1.078	29	333.0	9.10	1.144
3	30.33	0.83	1.013	17	184.0	5.05	1.083	30	344.8	9.46	1.149
4	40.72	1.12	1.018	18	195.8	5.37	1.088	31	360.0	9.81	1.154
5	51.90	1.40	1.023	19	207.0	5.69	1.093	32	371.0	10.17	1.159
6	61.67	1.69	1.028	20	219.6	6.02	1.098	33	387.0	10.54	1.164
7	71.00	1.98	1.033	21	234.0	6.35	1.103	34	397.5	10.90	1.169
8	80.01	2.28	1.038	22	243.8	6.69	1.108	35	410.0	11.27	1.174
9	92.80	2.57	1.042	23	258.0	7.02	1.114	36	424.4	11.64	1.179
10	104.7	2.87	1.047	24	268.5	7.36	1.119	37	436.0	12.01	1.184
11	116.0	3.17	1.052	25	281.0	7.71	1.124	38	451.6	12.39	1.188
12	126.9	3.48	1.057	26	293.5	8.05	1.129	39	463.0	12.76	1.193
13	138.0	3.79	1.062	27	309.0	8.40	1.134	40	479.2	13.13	1.198
14	149.5	4.10	1.068								

表 3.2.5 不同温度、不同浓度的氯化氢生成盐酸的浓度

吸收温度 /℃	气相中氯化氢的浓度(体积分数)/%						
	5	10	20	30	50	70	90
	盐酸浓度/%						
5	38.8	36.1	38.6	40.0	41.9	43.2	44.1
10	33.2	35.5	38.0	39.4	41.3	42.5	43.4
15	32.6	34.9	37.3	38.7	40.6	41.8	42.7
20	32.0	34.2	36.6	38.0	39.9	41.1	42.0
25	31.3	33.6	35.9	37.4	39.2	40.4	41.3
30	30.4	32.9	35.2	36.5	38.4	39.6	40.6
40	29.2	31.5	33.8	35.1	37.0	38.1	39.0
50	28.0	30.0	31.8	33.6	35.4	36.5	37.4

表 3.2.6　盐酸密度的测定值和标准值

测定密度/(g/cm³)	测定温度/℃						
	0	10	20	30	40	50	60
	换算成 15℃时的密度/(g/cm³)						
1.210	1.199	1.206					
1.200	1.189	1.195	1.204				
1.190	1.180	1.186	1.194	1.201			
1.180	1.170	1.176	1.184	1.190	1.198	1.204	
1.170	1.161	1.167	1.173	1.180	1.187	1.193	1.200
1.160	1.151	1.157	1.163	1.169	1.176	1.182	1.189
1.150	1.142	1.147	1.153	1.159	1.166	1.172	1.179
1.140	1.132	1.137	1.143	1.149	1.155	1.161	1.168
1.130	1.123	1.127	1.133	1.138	1.144	1.150	1.157
1.120	1.113	1.118	1.123	1.128	1.134	1.140	1.146
1.110	1.104	1.108	1.112	1.118	1.123	1.129	1.135
1.100	1.094	1.098	1.102	1.107	1.113	1.118	1.124
1.090	1.085	1.088	1.092	1.097	1.102	1.107	1.113
1.080	1.075	1.078	1.082	1.087	1.091	1.096	1.102
1.070	1.066	1.068	1.072	1.076	1.081	1.086	1.091
1.060	1.056	1.059	1.062	1.066	1.070	1.075	1.080
1.050	1.047	1.049	1.052	1.055	1.060	1.065	1.070
1.040	1.037	1.039	1.041	1.045	1.049	1.054	1.059
1.030	1.028	1.029	1.031	1.034	1.038	1.043	1.048
1.020	1.018	1.019	1.021	1.024	1.028	1.033	1.037
1.010	1.008	1.009	1.010	1.014	1.018	1.022	1.027

3.2.2 硫　　酸

表 3.2.7　硫酸的浓度和密度　　单位：g/cm³

硫酸浓度(质量分数)/%	温度/℃										
	0	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
1	1.0074	1.0068	1.0060	1.0051	1.0038	1.0022	0.9986	0.9944	0.9895	0.9779	0.9645
2	1.0147	1.0138	1.0129	1.0118	1.0104	1.0087	1.0050	1.0006	0.9956	0.9839	0.9705
3	1.0219	1.0206	1.0197	1.0184	1.0169	1.0152	1.0113	1.0067	1.0017	0.9900	0.9766
4	1.0291	1.0275	1.0264	1.0250	1.0234	1.0216	1.0176	1.0129	1.0078	0.9961	0.9827
5	1.0364	1.0344	1.0332	1.0317	1.0300	1.0281	1.0240	1.0192	1.0140	1.0022	0.9888
6	1.0437	1.0414	1.0400	1.0385	1.0367	1.0347	1.0305	1.0256	1.0203	1.0084	0.9950
7	1.0511	1.0485	1.0469	1.0453	1.0434	1.0414	1.0371	1.0321	1.0266	1.0146	1.0013
8	1.0585	1.0556	1.0539	1.0522	1.0502	1.0481	1.0437	1.0386	1.0330	1.0209	1.0076
9	1.0660	1.0628	1.0610	1.0591	1.0571	1.0549	1.0503	1.0451	1.0395	1.0273	1.0140
10	1.0730	1.0700	1.0681	1.0661	1.0640	1.0617	1.0570	1.0517	1.0460	1.0338	1.0204
11	1.0810	1.0773	1.0753	1.0731	1.0710	1.0686	1.0637	1.0584	1.0526	1.0403	1.0269
12	1.0886	1.0846	1.0825	1.0802	1.0780	1.0756	1.0705	1.0651	1.0593	1.0469	1.0335
13	1.0962	1.0920	1.0898	1.0874	1.0851	1.0826	1.0774	1.0719	1.0661	1.0536	1.0402
14	1.1039	1.0994	1.1971	1.0947	1.0922	1.0897	1.0844	1.0788	1.0729	1.0603	1.0469
15	1.1116	1.1069	1.1045	1.1020	1.0994	1.0968	1.0914	1.0857	1.0798	1.0671	1.0537
16	1.1194	1.1145	1.1120	1.1094	1.1067	1.1040	1.0985	1.0927	1.0868	1.0740	1.0605
17	1.1272	1.1221	1.1095	1.1168	1.1141	1.1113	1.1057	1.0998	1.0938	1.0809	1.0674
18	1.1351	1.1298	1.1271	1.1243	1.1215	1.1187	1.1129	1.1070	1.1009	1.0819	1.0744
19	1.1430	1.1375	1.1347	1.1318	1.1290	1.1261	1.1202	1.1142	1.1081	1.0950	1.0814
20	1.1510	1.1453	1.1424	1.1394	1.1365	1.1335	1.1275	1.1215	1.1153	1.1021	1.0885
21	1.1590	1.1531	1.1501	1.1471	1.1441	1.1410	1.1349	1.1288	1.1226	1.1093	1.0957
22	1.1670	1.1609	1.1579	1.1548	1.1517	1.1486	1.1424	1.1362	1.1299	1.1166	1.1029

续表

硫酸浓度（质量分数）/%	温度/℃										
	0	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
23	1.1751	1.1688	1.1657	1.1626	1.1594	1.1563	1.1500	1.1437	1.1373	1.1239	1.1102
24	1.1832	1.1768	1.1736	1.1704	1.1672	1.1640	1.1576	1.1512	1.1448	1.1313	1.1176
25	1.1914	1.1848	1.1813	1.1783	1.1750	1.1718	1.1653	1.1588	1.1523	1.1388	1.1250
26	1.1996	1.1929	1.1896	1.1862	1.1829	1.1796	1.1730	1.1665	1.1599	1.1463	1.1325
27	1.2078	1.2010	1.1976	1.1942	1.1909	1.1875	1.1808	1.1742	1.1676	1.1539	1.1400
28	1.2160	1.2091	1.2057	1.2023	1.1989	1.1955	1.1887	1.1820	1.1753	1.1616	1.1476
29	1.2243	1.2173	1.2138	1.2104	1.2069	1.2035	1.1966	1.1898	1.1831	1.1693	1.1553
30	1.2326	1.2255	1.2220	1.2185	1.2150	1.2115	1.2046	1.1977	1.1909	1.1771	1.1630
31	1.2409	1.2338	1.2302	1.2267	1.2232	1.2196	1.2126	1.2057	1.1988	1.1849	1.1708
32	1.2493	1.2421	1.2385	1.2349	1.2314	1.2278	1.2207	1.2137	1.2068	1.1928	1.1787
33	1.2577	1.2504	1.2468	1.2432	1.2396	1.2360	1.2289	1.2218	1.2148	1.2008	1.1866
34	1.2661	1.2588	1.2552	1.2515	1.2479	1.2443	1.2371	1.2300	1.2229	1.2088	1.1946
35	1.2746	1.2672	1.2636	1.2599	1.2563	1.2526	1.2454	1.2383	1.2311	1.2169	1.2027
36	1.2871	1.2757	1.2720	1.2684	1.2647	1.2610	1.2538	1.2466	1.2394	1.2251	1.2109
37	1.2917	1.2843	1.2805	1.2769	1.2732	1.2695	1.2622	1.2550	1.2477	1.2334	1.2192
38	1.3004	1.2929	1.2891	1.2855	1.2818	1.2780	1.2707	1.2635	1.2561	1.2418	1.2276
39	1.3091	1.3016	1.2978	1.2941	1.2904	1.2866	1.2793	1.2720	1.2646	1.2503	1.2361
40	1.3179	1.3103	1.3065	1.3028	1.2991	1.2953	1.2880	1.2806	1.2732	1.2589	1.2446
41	1.3268	1.3191	1.3153	1.3116	1.3079	1.3041	1.2967	1.2893	1.2819	1.2675	1.2532
42	1.3357	1.3280	1.3242	1.3205	1.3167	1.3129	1.3055	1.2981	1.2907	1.2762	1.2619
43	1.3447	1.3370	1.3332	1.3294	1.3256	1.3218	1.3144	1.3070	1.2996	1.2850	1.2707
44	1.3538	1.3461	1.3423	1.3384	1.3346	1.3308	1.3234	1.3160	1.3086	1.2939	1.2796
45	1.3630	1.3553	1.3515	1.3476	1.3437	1.3399	1.3325	1.3251	1.3177	1.3029	1.2886
46	1.3724	1.3646	1.3608	1.3569	1.3530	1.3492	1.3417	1.3343	1.3269	1.3120	1.2976
47	1.3819	1.3740	1.3702	1.3663	1.3624	1.3586	1.3510	1.3435	1.3362	1.3212	1.3067
48	1.3915	1.3835	1.3797	1.3758	1.3719	1.3680	1.3604	1.3528	1.3455	1.3305	1.3159
49	1.4012	1.3931	1.3893	1.3854	1.3814	1.3775	1.3699	1.3623	1.3549	1.3399	1.3253
50	1.4110	1.4029	1.3990	1.3951	1.3911	1.3872	1.3795	1.3719	1.3644	1.3494	1.3348
51	1.4209	1.4128	1.4088	1.4049	1.4009	1.3970	1.3893	1.3816	1.3740	1.3590	1.3444
52	1.4310	1.4228	1.4188	1.4148	1.4109	1.4069	1.3991	1.3914	1.3837	1.3687	1.3540
53	1.4412	1.4329	1.4289	1.4248	1.4209	1.4169	1.4091	1.4013	1.3936	1.3785	1.3637
54	1.4515	1.4431	1.4391	1.4350	1.4310	1.4290	1.4191	1.4113	1.4036	1.3884	1.3735
55	1.4619	1.4535	1.4494	1.4453	1.4412	1.4372	1.4293	1.4219	1.4137	1.3984	1.3834
56	1.4724	1.4640	1.4598	1.4557	1.4516	1.4475	1.4396	1.4317	1.4239	1.4085	1.3934
57	1.4830	1.4746	1.4703	1.4662	1.4621	1.4580	1.4500	1.4420	1.4342	1.4187	1.4035
58	1.4937	1.4852	1.4809	1.4768	1.4726	1.4685	1.4604	1.4524	1.4446	1.4290	1.4137
59	1.5045	1.4959	1.4916	1.4875	1.4832	1.4790	1.4709	1.4629	1.4551	1.4393	1.4240
60	1.5154	1.5067	1.5024	1.4983	1.4950	1.4898	1.4810	1.4735	1.4656	1.4497	1.4344
61	1.5264	1.5177	1.5133	1.5091	1.5048	1.5006	1.4923	1.4842	1.4762	1.4602	1.4449
62	1.5375	1.5287	1.5243	1.5200	1.5157	1.5115	1.5031	1.4920	1.4859	1.4708	1.4554
63	1.5487	1.5398	1.5354	1.5310	1.5267	1.5225	1.5140	1.5058	1.4977	1.4815	1.4660
64	1.5600	1.5510	1.5465	1.5421	1.5378	1.5335	1.5250	1.5167	1.5086	1.4923	1.4766
65	1.5714	1.5623	1.5578	1.5533	1.5490	1.5446	1.5361	1.5277	1.5195	1.5031	1.4873
66	1.5828	1.5736	1.5691	1.5646	1.5602	1.5558	1.5472	1.5388	1.5305	1.5140	1.4981
67	1.5943	1.5850	1.5805	1.5760	1.5715	1.5671	1.5584	1.5499	1.5416	1.5249	1.5089
68	1.6059	1.5965	1.5920	1.5874	1.5829	1.5785	1.5697	1.5611	1.5528	1.5359	1.5198
69	1.6176	1.6081	1.6035	1.5989	1.5944	1.5899	1.5811	1.5724	1.5640	1.5470	1.5307
70	1.6293	1.6198	1.6151	1.6105	1.6059	1.6014	1.5925	1.5838	1.5753	1.5582	1.5417
71	1.6411	1.6315	1.6268	1.6221	1.6175	1.6130	1.6040	1.5952	1.5867	1.5694	1.5527
72	1.6529	1.6433	1.6385	1.6338	1.6292	1.6246	1.6155	1.6067	1.5981	1.5806	1.5637
73	1.6648	1.6551	1.6503	1.6456	1.6409	1.6363	1.6271	1.6182	1.6095	1.5919	1.5747
74	1.6768	1.6670	1.6622	1.6574	1.6526	1.6480	1.6387	1.6297	1.6209	1.6031	1.5857
75	1.6888	1.6789	1.6740	1.6692	1.6644	1.6597	1.6503	1.6412	1.6322	1.6142	1.5966
76	1.7008	1.6908	1.6858	1.6810	1.6761	1.6713	1.6619	1.6526	1.6435	1.6252	1.6074
77	1.7128	1.7023	1.6976	1.6927	1.6878	1.6829	1.6734	1.6640	1.6547	1.6347	1.6181

续表

硫酸浓度（质量分数）/%	温度/℃ 0	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
78	1.7247	1.7144	1.7093	1.7043	1.6994	1.6944	1.6847	1.6751	1.6657	1.6469	1.6286
79	1.7365	1.7261	1.7209	1.7158	1.7108	1.7058	1.6959	1.6862	1.6766	1.6575	1.6390
80	1.7482	1.7376	1.7323	1.7272	1.7221	1.7170	1.7069	1.6971	1.6873	1.6680	1.6493
81	1.7597	1.7489	1.7435	1.7383	1.7331	1.7279	1.7177	1.7077	1.6978	1.6782	1.6594
82	1.7709	1.7599	1.7544	1.7491	1.7437	1.7385	1.7281	1.7180	1.7080	1.6882	1.6692
83	1.7815	1.7704	1.7649	1.7594	1.7540	1.7487	1.7382	1.7279	1.7179	1.6979	1.6787
84	1.7916	1.7804	1.7748	1.7693	1.7639	1.7585	1.7479	1.7375	1.7274	1.7072	1.6878
85	1.8009	1.7897	1.7841	1.7786	1.7732	1.7678	1.7571	1.7466	1.7364	1.7161	1.6966
86	1.8095	1.7983	1.7927	1.7872	1.7818	1.7763	1.7657	1.7552	1.7449	1.7245	1.7050
87	1.8173	1.8061	1.8006	1.7951	1.7897	1.7842	1.7736	1.7632	1.7529	1.7324	1.7129
88	1.8243	1.8432	1.8077	1.8022	1.7968	1.7914	1.7809	1.7705	1.7602	1.7397	1.7202
89	1.8306	1.8195	1.8141	1.8087	1.8033	1.7979	1.7874	1.7770	1.7669	1.7464	1.7269
90	1.8361	1.8252	1.8198	1.8144	1.8091	1.8038	1.7933	1.7829	1.7729	1.7525	1.7331
91	1.8410	1.8302	1.8248	1.8195	1.8142	1.8091	1.7986	1.7883	1.7783	1.7581	1.7388
92	1.8453	1.8346	1.8293	1.8240	1.8188	1.8136	1.8033	1.7932	1.7832	1.7653	1.7439
93	1.8490	1.8384	1.8331	1.8279	1.8227	1.8176	1.8074	1.7974	1.7876	1.7681	1.7485
94	1.8520	1.8415	1.8363	1.8312	1.8260	1.8210	1.8109	1.8011	1.7914	1.7720	1.7527
95	1.8544	1.8439	1.8388	1.8337	1.8286	1.8236	1.8137	1.8040	1.7944	1.7751	1.7561
96	1.8560	1.8457	1.8406	1.8355	1.8305	1.8255	1.8157	1.8060	1.7965	1.7773	1.7586
97	1.8568	1.8465	1.8413	1.8363	1.8313	1.8263	1.8165	1.8070	1.7976	1.7785	1.7606
98	1.8568	1.8465	1.8414	1.8365	1.8315	1.8265	1.8167	1.8072	1.7978	1.7786	1.7609
99	1.8551	1.8445	1.8393	1.8342	1.8292	1.8242	1.8145	1.8050	1.7958	1.7778	1.7609
100	1.8517	1.8409	1.8359	1.8305	1.8255	1.8205	1.8108	1.8015	1.7925	1.7765	1.7607

表 3.2.8 20℃时硫酸溶液的浓度和密度（Ⅰ）

密度 ρ_{20} /(g/mL)	质量分数 $w(H_2SO_4)$ /%	物质量浓度 $c(H_2SO_4)$ /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/mL)	质量分数 $w(H_2SO_4)$ /%	物质量浓度 $c(H_2SO_4)$ /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/mL)	质量分数 $w(H_2SO_4)$ /%	物质量浓度 $c(H_2SO_4)$ /(mol/L)
1.00	0.261	0.027	1.28	37.36	4.876	1.56	65.59	10.43
1.01	1.731	0.178	1.29	38.53	5.068	1.57	66.47	10.64
1.02	3.242	0.337	1.30	39.68	5.259	1.58	67.35	10.85
1.03	4.746	0.498	1.31	40.82	5.452	1.59	68.23	11.06
1.04	6.267	0.661	1.32	41.95	5.646	1.60	69.09	11.27
1.05	7.704	0.825	1.33	43.07	5.840	1.61	69.96	11.48
1.06	9.129	0.986	1.34	44.17	6.035	1.62	70.82	11.70
1.07	10.56	1.152	1.35	45.26	6.229	1.63	71.67	11.91
1.08	11.96	1.317	1.36	46.33	6.424	1.64	72.52	12.13
1.09	13.36	1.484	1.37	47.39	6.620	1.65	73.37	12.34
1.10	14.73	1.652	1.38	48.45	6.817	1.66	74.22	12.56
1.11	16.08	1.820	1.39	49.48	7.012	1.67	75.07	12.78
1.12	17.43	1.990	1.40	50.50	7.208	1.68	75.92	13.00
1.13	18.76	2.161	1.41	51.52	7.406	1.69	76.77	13.23
1.14	20.08	2.334	1.42	52.51	7.603	1.70	77.63	13.46
1.15	21.38	2.507	1.43	53.50	7.801	1.71	78.49	13.69
1.16	22.67	2.681	1.44	54.49	8.000	1.72	79.37	13.92
1.17	23.95	2.857	1.45	55.45	8.198	1.73	80.25	14.16
1.18	25.21	3.033	1.46	56.41	8.397	1.74	81.16	14.40
1.19	26.47	3.211	1.47	57.36	8.598	1.75	82.09	14.65
1.20	27.72	3.391	1.48	58.31	8.799	1.76	83.06	14.90
1.21	28.95	3.572	1.49	59.24	9.000	1.77	84.08	15.17
1.22	30.18	3.754	1.50	60.17	9.202	1.78	85.16	15.46
1.23	31.40	3.938	1.51	61.08	9.404	1.79	86.35	15.76
1.24	32.61	4.123	1.52	62.00	9.608	1.80	87.69	16.09
1.25	33.82	4.310	1.53	62.91	9.813	1.81	89.23	16.47
1.26	35.01	4.498	1.54	63.81	10.02	1.82	91.11	16.91
1.27	36.19	4.686	1.55	64.71	10.23	1.83	93.64	17.47

表 3.2.9 20℃时硫酸溶液的浓度和密度（Ⅱ）

质量分数 $w(H_2SO_4)$ /%	质量浓度 $\rho(H_2SO_4)$ /(kg/m^3)	物质的量浓度 $c(1/2H_2SO_4)$ /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm^3)	质量分数 $w(H_2SO_4)$ /%	质量浓度 $\rho(H_2SO_4)$ /(kg/m^3)	物质的量浓度 $c(1/2H_2SO_4)$ /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm^3)
1	10.05	0.20	1.005	51	716.5	14.61	1.405
2	20.24	0.41	1.012	52	735.8	15.00	1.415
3	30.55	0.62	1.018	53	755.2	15.40	1.425
4	41.00	0.84	1.025	54	774.9	15.80	1.435
5	51.58	1.05	1.032	55	794.8	16.21	1.445
6	62.31	1.27	1.038	56	815.2	16.62	1.456
7	73.17	1.49	1.045	57	835.7	17.04	1.466
8	84.18	1.72	1.052	58	856.7	17.47	1.477
9	95.32	1.94	1.059	59	877.6	17.90	1.488
10	106.6	2.17	1.066	60	898.8	18.33	1.498
11	118.0	2.41	1.073	61	920.6	18.77	1.509
12	129.6	2.64	1.080	62	942.4	19.22	1.520
13	141.4	2.88	1.087	63	964.5	19.67	1.531
14	153.3	3.13	1.095	64	986.9	20.12	1.542
15	165.3	3.37	1.102	65	1010	20.59	1.553
16	177.5	3.62	1.109	66	1033	21.06	1.565
17	189.9	3.87	1.117	67	1056	21.53	1.576
18	202.3	4.13	1.124	68	1079	22.01	1.587
19	215.1	4.38	1.132	69	1103	22.50	1.599
20	227.9	4.65	1.139	70	1127	22.99	1.611
21	240.9	4.91	1.147	71	1152	23.48	1.622
22	254.1	5.18	1.155	72	1176	23.99	1.634
23	267.4	5.45	1.163	73	1201	24.50	1.646
24	280.9	5.73	1.170	74	1226	25.01	1.657
25	294.6	6.01	1.178	75	1252	25.53	1.669
26	308.4	6.29	1.186	76	1278	26.05	1.681
27	322.4	6.57	1.194	77	1303	26.58	1.693
28	336.6	6.86	1.202	78	1329	27.11	1.704
29	351.0	7.16	1.210	79	1355	27.64	1.716
30	365.6	7.45	1.219	80	1382	28.18	1.727
31	380.3	7.75	1.227	81	1408	28.71	1.738
32	395.2	8.06	1.235	82	1434	29.25	1.749
33	410.3	8.37	1.243	83	1460	29.78	1.759
34	425.5	8.68	1.252	84	1486	30.31	1.769
35	441.0	8.99	1.260	85	1512	30.83	1.779
36	456.6	9.31	1.268	86	1537	31.24	1.787
37	472.5	9.63	1.277	87	1562	31.85	1.795
38	488.5	9.96	1.286	88	1586	32.34	1.802
39	504.7	10.29	1.294	89	1610	32.82	1.809
40	521.1	10.63	1.303	90	1633	33.30	1.814
41	537.7	10.97	1.312	91	1656	33.76	1.819
42	554.6	11.31	1.321	92	1678	34.22	1.824
43	571.6	11.66	1.329	93	1700	34.66	1.828
44	588.9	12.01	1.338	94	1721	35.10	1.831
45	606.4	12.37	1.348	95	1742	35.52	1.834
46	624.2	12.73	1.357	96	1762	35.93	1.836
47	642.0	13.09	1.366	97	1781	36.32	1.836
48	660.5	13.47	1.376	98	1799	36.69	1.835
49	678.7	13.84	1.385	99	1816	37.03	1.834
50	697.5	14.22	1.395	100	1831	37.33	1.831

表 3.2.10 发烟硫酸的浓度和密度 单位：g/cm^3

游离 SO_3（质量分数）/%	温度/℃						
	15	20	25	30	35	40	45
1	1.8387	1.8335	1.8284	1.8237	1.8193	1.8152	1.8112
2	1.8418	1.8366	1.8319	1.8275	1.8233	1.8193	1.8153
3	1.8450	1.8397	1.8349	1.8306	1.8267	1.8232	1.8195
4	1.8480	1.8429	1.8378	1.8339	1.8300	1.8261	1.8223
5	1.8512	1.8461	1.8411	1.8366	1.8326	1.8291	1.8255
6	1.8544	1.8493	1.8443	1.8394	1.8347	1.8311	1.8275
7	1.8577	1.8525	1.8474	1.8422	1.8370	1.8324	1.8287
8	1.8610	1.8558	1.8507	1.8453	1.8394	1.8335	1.8297
9	1.8643	1.8591	1.8539	1.8481	1.8420	1.8356	1.8310
10	1.8677	1.8624	1.8570	1.8510	1.8443	1.8373	1.8320
11	1.8711	1.8658	1.8602	1.8537	1.8462	1.8389	1.8331
12	1.8746	1.8691	1.8630	1.8563	1.8491	1.8419	1.8349
13	1.8780	1.8725	1.8664	1.8598	1.8426	1.8454	1.8383
14	1.8814	1.8759	1.8700	1.8634	1.8559	1.8486	1.8414
15	1.8848	1.8793	1.8734	1.8668	1.8591	1.8522	1.8450
16	1.8882	1.8827	1.8768	1.8703	1.8630	1.8559	1.8488
17	1.8916	1.8861	1.8802	1.8737	1.8665	1.8595	1.8525
18	1.8951	1.8896	1.8838	1.8771	1.8698	1.8625	1.8554
19	1.8986	1.8930	1.8870	1.8802	1.8729	1.8654	1.8581
20	1.9021	1.8964	1.8904	1.8839	1.8739	1.8699	1.8628
21	1.9056	1.8998	1.8941	1.8878	1.8808	1.8738	1.8667
22	1.9092	1.9032	1.8975	1.8933	1.8847	1.8781	1.8712
23	1.9129	1.9066	1.9009	1.8949	1.8887	1.8825	1.8760
24	1.9167	1.9100	1.9043	1.8985	1.8926	1.8867	1.8805
25	1.9202	1.9133	1.9076	1.9019	1.8962	1.8905	1.8845
26	1.9236	1.9166	1.9109	1.9053	1.8988	1.8945	1.8888
27	1.9272	1.9200	1.9142	1.9087	1.9034	1.8981	1.8926
28	1.9306	1.9233	1.9176	1.9122	1.9070	1.9018	1.8965
29	1.9338	1.9265	1.9209	1.9159	1.9115	1.9071	1.9022
30	1.9370	1.9297	1.9239	1.9194	1.9162	1.9130	1.9090
31	结晶	1.9330	1.9278	1.9238	1.9210	1.9182	1.9148
32	结晶	1.9362	1.9308	1.9271	1.9251	1.9231	1.9204
33	结晶	1.9393	1.9338	1.9301	1.9280	1.9259	1.9235
34	结晶	1.9418	1.9363	1.9326	1.9312	1.9292	1.9270
35	结晶	1.9444	1.9382	1.9355	1.9342	1.9319	1.9296
36	结晶	1.9474	1.9427	1.9389	1.9371	1.9343	1.9317
37	结晶	1.9504	1.9455	1.9418	1.9403	1.9378	1.9352
38	结晶	1.9543	1.9493	1.9454	1.9424	1.9394	1.9366
39	结晶	1.9571	1.9527	1.9485	1.9446	1.9410	1.9379
40	结晶	1.9599	1.9555	1.9512	1.9470	1.9430	1.9392
41	结晶	1.9627	1.9582	1.9537	1.9493	1.9446	1.9404
42	结晶	1.9653	1.9608	1.9562	1.9515	1.9462	1.9415
43	结晶	1.9679	1.9634	1.9587	1.9539	1.9485	1.9426
44	结晶	1.9605	1.9659	1.9610	1.9557	1.9499	1.9438
45	结晶	1.9729	1.9677	1.9624	1.9570	1.9513	1.9453
46	结晶	1.9753	1.9698	1.9642	1.9586	1.9527	1.9467
47	结晶	1.9776	1.9718	1.9660	1.9603	1.9545	1.9487
48	结晶	1.9799	1.9739	1.9679	1.9620	1.9560	1.9500
49	结晶	1.9821	1.9761	1.9700	1.9638	1.9575	1.8509

续表

游离 SO_3（质量分数）/%	温度/℃						
	15	20	25	30	35	40	45
50	结晶	1.9841	1.9782	1.9721	1.9659	1.9591	1.9517
51	结晶	1.9861	1.9801	1.9739	1.9673	1.9604	1.9526
52	结晶	1.9880	1.9817	1.9752	1.9685	1.9615	1.9534
53	结晶	1.9898	1.9833	1.9766	1.9698	1.9625	1.9547
54	结晶	1.9915	1.9852	1.9786	1.9718	1.9642	1.9559
55	结晶	1.9932	1.9870	1.9804	1.9733	1.9655	1.9569
56	2.0045	1.9947	1.9881	1.9812	1.9739	1.9661	1.9578
57	2.0060	1.9962	1.9890	1.9817	1.9742	1.9665	1.9586
58	2.0076	1.9977	1.9898	1.9820	1.9743	1.9667	1.9593
59	2.0089	1.9992	1.9907	1.9824	1.9743	1.9668	1.9596
60	2.0099	2.0000	1.9916	1.9831	1.9744	1.9669	1.9598
61	2.0124	2.0020	1.9923	1.9832	1.9745	1.9669	1.9599
62	2.0126	2.0027	1.9928	1.9834	1.9745	1.9669	1.9600
63	2.01255	2.0027	1.9928	1.9834	1.9744	1.9666	1.9593
64	2.0125	2.0027	1.9927	1.9832	1.9742	1.9664	1.9580
65	2.01245	2.0026	1.9927	1.9831	1.9738	1.9648	1.9562
66	2.0124	2.0026	1.9926	1.9828	1.9730	1.9630	1.9531
67	2.0123	2.0026	1.9925	1.9824	1.9722	1.9603	1.9488
68	2.0122	2.0025	1.9924	1.9820	1.9713	1.9587	1.9454
69	2.0120	2.0025	1.9922	1.9815	1.9702	1.9570	1.9430
70	2.0119	2.0024	1.9919	1.9807	1.9688	1.9554	1.9406
71	2.0117	2.0024	1.9915	1.9798	1.9675	1.9539	1.9392
72	2.0115	2.0023	1.9907	1.9786	1.9661	1.9524	1.9377
73	2.0113	2.0022	1.9900	1.9774	1.9645	1.9498	1.9343
74	2.0111	2.0019	1.9893	1.9761	1.9624	1.9473	1.9309
75	2.0108	2.0013	1.9884	1.9752	1.9607	1.9434	1.9235
76	2.0105	2.0004	1.9872	1.9738	1.9582	1.9396	1.9160
77	2.0102	1.9992	1.9856	1.9719	1.9554	1.9340	1.9080
78	2.0097	1.9979	1.9839	1.9698	1.9528	1.9293	1.9000
79	2.0093	1.9964	1.9821	1.9674	1.9503	1.9256	1.8948
80	2.0084	1.9947	1.9802	1.9646	1.9472	1.9198	1.8896
81	2.0069	1.9929	1.9781	1.9615	1.9438	1.9619	1.3874
82	2.0052	1.9909	1.9758	1.9584	1.9404	1.9141	1.8851
83	2.0034	1.9888	1.9734	1.9553	1.9370	1.9112	1.8827
84	2.0013	1.9864	1.9707	1.9522	1.9336	1.9082	1.8802
85	1.9988	1.9836	1.9676	1.9491	1.9302	1.9054	1.8779
86	1.9963	1.9808	1.9645	1.9462	1.9267	1.9025	1.8755
87	1.9936	1.9778	1.9612	1.9429	1.9204	1.8997	1.8732
88	1.9906	1.9745	1.9576	1.9398	1.9201	1.8969	1.8709
89	1.9876	1.9712	1.9540	1.9356	1.9154	1.8927	1.8672
90	1.9845	1.9678	1.9503	1.9314	1.9109	1.8887	1.8636
91	1.9809	1.9638	1.9463	1.9271	1.9065	1.8843	1.8595
92	1.9774	1.9599	1.9423	1.9228	1.9021	1.8800	1.8554
93	1.9746	1.9567	1.9384	1.9186	1.8977	1.8756	1.8512
94	1.9715	1.9532	1.9345	1.9440	1.8933	1.8713	1.8471
95	1.9679	1.9442	1.9298	1.9094	1.8882	1.8662	1.8422
96	1.9636	1.9445	1.9246	1.9039	1.8826	1.8607	1.8369
97	1.9588	1.9395	1.9193	1.8983	1.8768	1.8547	1.8311
98	1.9536	1.9341	1.9138	1.8926	1.8709	1.8486	1.8252
99	1.9482	1.9286	1.9082	1.8869	1.8651	1.8427	1.8195
100	1.9425	1.9228	1.9023	1.8810	1.8591	1.8366	1.8136

表 3.2.11 发烟硫酸的浓度和密度

密度 ρ_{20}^{20} /(g/cm³)	游离 SO_3 含量 (质量分数)/%	游离 SO_3 含量 /(g/L)	游离 SO_3 含量 (质量分数)/%	形 态	SO_3 总量 (质量分数)/%	密度 ρ_{15}^{15} /(g/cm³)
1.860	1.54	28	10	液体	83.46	1.888
1.865	2.66	50				
1.870	4.28	80	20		85.30	1.920
1.875	5.44	102				
1.880	6.42	121	30		87.14	1.957
1.885	7.29	137	50	固体	90.81	2.009
1.890	8.16	154				
1.895	9.43	177	56			
1.900	10.07	191				
1.905	10.56	201	60	液体	92.65	2.020
1.910	11.43	218	70		94.48	2.018
1.915	13.33	255				
1.920	15.95	306	73			
1.925	18.67	359				
1.930	21.34	412	90	固体	98.16	1.990
1.935	25.65	496	100		100.00	1.984

发烟硫酸中游离 SO_3 质量分数换算/%

H_2SO_4	总 SO_3	游离 SO_3	H_2SO_4	总 SO_3	游离 SO_3	H_2SO_4	总 SO_3	游离 SO_3
104.00	84.87	17.78	104.70	85.47	20.88	105.40	86.04	24.00
104.05	84.92	18.00	104.75	85.51	21.11	105.45	86.08	24.22
104.10	84.96	18.23	104.80	85.55	21.33	105.50	86.12	24.44
104.15	85.02	18.44	104.85	85.59	21.55	105.55	86.16	24.67
104.20	85.06	18.66	104.90	85.63	21.77	105.60	86.20	24.89
104.25	85.09	18.89	104.95	85.67	22.00	105.65	86.24	25.11
104.30	85.13	19.11	105.00	85.71	22.23	105.70	86.28	25.33
104.35	85.18	19.33	105.05	85.75	22.45	105.75	86.32	25.56
104.40	85.22	19.55	105.10	85.80	22.67	105.80	86.36	25.77
104.45	85.26	19.78	105.15	85.83	22.89	105.85	86.40	26.00
104.50	83.50	20.00	105.20	85.88	23.11	105.90	86.44	26.22
104.55	85.34	20.22	105.25	85.92	23.33	105.95	86.48	26.44
104.60	85.38	20.44	105.30	85.96	23.56	106.00	86.52	26.67
104.65	85.43	20.66	105.35	86.00	23.78			

表 3.2.12 20℃时硫酸与发烟硫酸溶液的浓度关系

(1) 硫酸含量≤100%

硫 酸 含 量		三氧化硫含量				密度 /(g/cm³)
		游离量	总 量			
(质量分数)/%	/(g/L)	(质量分数)/%	(质量分数)/%	/(g/L)	(摩尔分数)/%	
1	10.05	−440.0	0.816	8.202	0.185	1.0049
2	20.24	−435.5	1.633	16.52	0.373	1.0116
3	30.55	−431.1	2.450	24.95	0.562	1.0183
4	41.00	−426.6	3.265	33.47	0.755	1.025
5	51.58	−422.2	4.08	46.10	0.949	1.0317
6	62.31	−417.7	4.90	50.89	1.146	1.0385
7	73.17	−413.3	5.71	59.67	1.346	1.0453

续表

硫酸含量		三氧化硫含量				密度/(g/cm³)
		游离量	总量			
(质量分数)/%	/(g/L)	(质量分数)/%	(质量分数)/%	/(g/L)	(摩尔分数)/%	
8	84.18	−408.8	6.53	68.70	1.548	1.0522
9	95.32	−404.4	7.35	77.84	1.753	1.0591
10	106.6	−400.0	8.16	86.99	1.96	1.0661
11	118.0	−395.5	8.98	96.36	2.17	1.0731
12	129.6	−391.1	9.80	105.9	2.38	1.0802
13	141.4	−386.6	10.61	115.4	2.61	1.0874
14	153.3	−382.2	11.43	125.1	2.82	1.0947
15	165.3	−377.7	12.25	134.9	3.05	1.102
16	177.5	−373.3	13.06	144.9	3.28	1.1094
17	189.9	−368.9	13.88	155.0	3.50	1.1168
18	202.3	−364.4	14.69	165.2	3.73	1.1243
19	215.1	−360.0	15.51	175.5	3.98	1.1348
20	227.9	−355.5	16.33	186.1	4.21	1.1394
21	240.9	−351.1	17.14	196.6	4.45	1.1471
22	254.1	−346.6	17.96	207.4	4.70	1.1548
23	267.4	−342.2	18.78	218.3	4.95	1.1626
24	280.9	−337.7	19.59	229.3	5.19	1.1704
25	294.6	−333.3	20.41	240.5	5.46	1.1783
26	308.4	−328.9	21.22	251.6	5.71	1.1862
27	322.4	−324.4	22.04	263.3	5.97	1.1942
28	336.6	−320.0	22.86	274.9	6.25	1.2028
29	351.0	−315.5	23.67	286.4	6.50	1.2104
30	365.5	−311.1	24.49	298.4	6.81	1.2185
31	380.3	−306.6	25.31	310.4	7.09	1.2267
32	395.2	−302.2	26.12	322.6	7.37	1.2349
33	410.2	−297.7	26.94	334.8	7.66	1.2432
34	425.5	−293.3	27.75	347.3	7.95	1.2515
35	441.0	−288.9	28.57	360.0	8.26	1.2599
36	456.6	−284.4	29.39	372.8	8.56	1.2684
37	472.5	−280.0	30.20	385.6	8.87	1.2769
38	488.5	−275.5	31.02	398.8	9.19	1.2855
39	504.7	−271.1	31.84	412.0	9.52	1.2941
40	521.1	−266.6	32.65	425.4	9.83	1.3028
41	537.7	−262.2	33.47	439.1	10.17	1.3116
42	554.6	−257.8	34.28	452.6	10.51	1.3205
43	571.6	−253.3	35.10	466.5	10.85	1.3294
44	588.9	−248.9	35.92	480.6	11.20	1.3384
45	600.4	−244.4	36.73	495.1	11.54	1.3476
46	624.2	−240.0	37.55	509.5	11.91	1.3569
47	642.0	−235.5	38.37	524.1	12.29	1.3663
48	660.5	−231.1	39.18	539.0	12.66	1.3758
49	678.7	−226.6	40.00	554.2	13.05	1.3854
50	697.5	−222.2	40.80	569.2	13.43	1.3951
51	716.5	−217.8	41.63	584.9	13.82	1.4049
52	735.8	−213.3	42.45	600.7	14.24	1.4148
53	755.2	−208.9	43.26	616.6	14.64	1.4248
54	774.9	−204.4	44.08	632.5	15.06	1.4350
55	794.8	−200.0	44.90	648.8	15.50	1.4453

续表

硫酸含量		三氧化硫含量				密度/(g/cm³)
		游离量	总量			
(质量分数)/%	/(g/L)	(质量分数)/%	(质量分数)/%	/(g/L)	(摩尔分数)/%	
56	815.3	−195.5	45.71	665.4	15.93	1.4557
57	835.6	−191.1	46.53	682.2	16.37	1.4662
58	856.7	−186.6	47.35	699.3	16.82	1.4768
59	877.6	−182.2	48.16	716.2	17.28	1.4875
60	898.8	−177.8	48.98	734.0	17.74	1.4983
61	920.5	−173.3	49.79	751.4	18.23	1.5091
62	942.4	−168.9	50.61	769.3	18.73	1.5200
63	964.5	−164.4	51.43	787.4	19.22	1.531
64	986.9	−160.0	52.24	805.4	19.76	1.5421
65	1009	−155.5	53.06	824.1	20.26	1.5533
66	1033	−151.1	53.88	843.0	20.81	1.5646
67	1056	−146.7	54.69	862.1	21.35	1.5760
68	1079	−142.2	55.51	881.0	21.92	1.5874
69	1103	−137.8	56.33	900.5	22.49	1.5989
70	1127	−133.3	57.14	920.0	23.08	1.6105
71	1152	−128.9	57.96	939.6	23.68	1.6221
72	1176	−124.4	58.78	960.2	24.28	1.6338
73	1201	−120.0	59.59	980.4	24.93	1.6456
74	1226	−115.5	60.41	1001	25.56	1.6574
75	1252	−111.1	61.22	1021	26.24	1.6692
76	1278	−106.7	62.04	1043	26.91	1.681
77	1304	−102.2	62.86	1064	27.61	1.6927
78	1329	−97.8	63.67	1035	28.32	1.7043
79	1356	−93.3	64.49	1106	29.06	1.7158
80	1382	−88.9	65.3	1128	29.81	1.7272
81	1408	−84.4	66.12	1149	30.58	1.7383
82	1434	−80.0	66.94	1170	31.37	1.7491
83	1460	−75.5	67.75	1192	32.18	1.7594
84	1486	−71.1	68.57	1213	33.01	1.7693
85	1512	−66.7	69.39	1234	33.87	1.7786
86	1537	−62.2	70.20	1254	34.75	1.7872
87	1562	−57.8	71.02	1275	35.65	1.7951
88	1586	−53.3	71.84	1294	36.57	1.8022
89	1610	−49.9	72.65	1314	37.52	1.8087
90	1633	−44.4	73.47	1333	38.50	1.8144
91	1656	−40.1	74.28	1352	39.51	1.8195
92	1678	−35.6	75.10	1370	40.55	1.8245
93	1700	−31.1	75.92	1388	41.61	1.8279
94	1721	−26.7	76.73	1405	42.71	1.8312
95	1742	−22.2	77.55	1422	43.84	1.8337
96	1762	−17.8	78.36	1438	45.01	1.8355
97	1781	−13.3	79.18	1454	46.20	1.8363
98	1799	−8.9	80.00	1469	47.43	1.8365
99	1816	−4.4	80.81	1482	48.70	1.8342
100	1830	0.0	81.63	1494	50.00	1.8305

（2）硫酸含量≥100％

三氧化硫含量				硫酸含量		密度/(g/cm³)
游离量(质量分数)/％	总量(质量分数)/％	总量/(g/L)	总量(摩尔分数)/％	(质量分数)/％	/(g/L)	
0	81.63	1494	50.00	100.00	1830	1.8305
1	81.81	1498	50.30	100.25	1835	1.8335
2	82.00	1513	50.63	100.45	1854	1.8366
3	82.18	1520	50.91	100.68	1862	1.8397
4	82.36	1525	51.24	100.9	1868	1.8429
5	82.52	1530	51.57	101.12	1875	1.8461
6	82.73	1536	51.86	101.35	1882	1.8493
7	82.92	1541	52.17	101.58	1888	1.8525
8	83.10	1545	52.49	101.80	1892	1.8558
9	83.29	1549	52.85	102.03	1898	1.8591
10	83.47	1554	53.15	102.25	1904	1.8624
11	83.65	1560	53.48	102.43	1911	1.8658
12	83.83	1567	53.81	102.70	1920	1.8691
13	84.01	1573	54.18	102.92	1927	1.8725
14	84.20	1579	54.52	103.15	1934	1.8759
15	84.39	1585	54.83	103.38	1942	1.8793
16	84.57	1589	55.18	103.60	1949	1.8827
17	84.75	1597	55.56	103.82	1957	1.8861
18	84.94	1602	55.92	104.05	1965	1.8895
19	85.12	1609	56.23	104.28	1973	1.8930
20	85.30	1617	56.59	104.50	1981	1.8964
21	85.48	1624	56.95	104.72	1990	1.8998
22	85.67	1631	57.32	104.95	1999	1.9032
23	85.86	1638	57.69	105.18	2006	1.9066
24	86.04	1644	58.06	105.40	2015	1.9100
25	86.22	1651	58.43	105.62	2022	1.9133
26	86.40	1657	58.84	105.85	2027	1.9166
27	86.59	1664	59.19	106.08	2038	1.9200
28	86.77	1671	59.62	106.30	2048	1.9233
29	86.95	1679	59.97	106.52	2056	1.9265
30	87.14	1687	60.36	106.75	2066	1.9297
31	87.33	1694	60.75	106.98	2075	1.9330
32	87.51	1704	61.15	107.20	2087	1.9362
33	87.69	1711	61.56	107.42	2095	1.9393
34	87.87	1716	61.96	107.65	2103	1.9424
35	88.06	1723	62.37	107.88	2110	1.9454
36	88.24	1728	62.79	108.10	2117	1.9484
37	88.42	1734	63.20	108.32	2124	1.9514
38	88.61	1740	63.65	108.55	2132	1.9543
39	88.8	1746	64.05	108.78	2139	1.9571
40	88.98	1751	64.50	108.9	2145	1.9599
41	89.16	1758	64.88	109.22	2153	1.9627
42	89.34	1762	65.34	109.45	2160	1.9653

续表

三氧化硫含量				硫　酸　含　量		密度/(g/cm³)
游离量	总　　量					
(质量分数)/%	(质量分数)/%	/(g/L)	(摩尔分数)/%	(质量分数)/%	/(g/L)	
43	89.53	1769	65.80	109.68	2167	1.9679
44	89.71	1773	66.24	109.90	2174	1.9705
45	89.90	1780	66.69	110.12	2182	1.9729
46	90.09	1786	67.17	110.35	2187	1.9753
47	90.27	1792	67.60	110.58	2192	1.9776
48	90.45	1797	68.03	110.80	2198	1.9799
49	90.63	1802	68.52	111.02	2206	1.9821
50	90.82	1807	69.00	111.25	2214	1.9841
51	91.01	1813	69.47	111.48	2221	1.9861
52	91.19	1818	69.97	111.70	2227	1.9880
53	91.37	1823	70.42	111.92	2233	1.9898
54	91.55	1828	70.93	112.15	2239	1.9915
55	91.74	1833	71.40	112.38	2246	1.9932
56	91.92	1838	71.93	112.60	2251	1.9947
57	92.10	1842	72.40	112.82	2256	1.9962
58	92.28	1846	72.94	113.05	2261	1.9977
59	92.47	1850	73.46	113.28	2267	1.9992
60	92.65	1854	73.94	112.50	2272	2.0006
61	92.83	1858	74.50	113.72	2276	2.0020
62	93.02	1862	74.99	113.95	2281	2.0027
63	93.21	1865	75.56	114.18	2285	2.0027
64	93.39	1868	76.11	114.40	2289	2.0027
65	93.57	1872	76.68	114.62	2293	2.0026
66	93.75	1875	77.21	114.85	2297	2.0026
67	93.94	1878	77.73	115.08	2301	2.0026
68	94.12	1881	78.33	115.30	2305	2.0025
69	94.30	1884	78.90	115.52	2308	2.0025
70	94.49	1887	79.48	115.75	2311	2.0024
71	94.67	1889	80.06	115.98	2314	2.0024
72	94.85	1892	80.65	116.20	2317	2.0023
73	95.03	1894	81.24	116.42	2320	2.0022
74	95.22	1896	81.84	116.65	2322	2.0019
75	95.41	1898	82.45	116.88	2325	2.0013
76	95.60	1900	83.06	117.70	2327	2.0004
77	95.78	1902	83.68	117.33	2330	1.9992
78	95.96	1904	84.31	117.55	2333	1.9979
79	96.14	1906	84.94	117.78	2335	1.9964
80	96.32	1907	85.58	118.00	2336	1.9947
81	96.51	1909	86.23	118.22	2341	1.9929
82	96.69	1911	86.89	118.45	2341	1.9909
83	96.88	1912	87.55	118.68	2342	1.9888
84	97.06	1912	88.22	118.90	2343	1.9864
85	97.24	1913	88.89	119.12	2344	1.9836

续表

三氧化硫含量				硫酸含量		密度/(g/cm³)
游离量(质量分数)/%	总量(质量分数)/%	总量/(g/L)	总量(摩尔分数)/%	(质量分数)/%	/(g/L)	
86	97.43	1915	89.58	119.35	2346	1.9805
87	97.61	1917	90.27	119.58	2347	1.9778
88	97.80	1918	90.97	119.80	2348	1.9745
89	97.98	1918	91.67	120.02	2349	1.9712
90	98.16	1919	92.39	120.25	2350	1.9678
91	98.35	1919	93.11	120.48	2351	1.9638
92	98.53	1920	93.84	120.70	2352	1.9599
93	98.72	1921	94.58	120.92	2353	1.9567
94	98.90	1922	95.33	121.15	2354	1.9532
95	99.08	1923	96.09	121.38	2355	1.9492
96	99.27	1923	96.85	121.60	2355	1.9445
97	99.45	1923	97.59	121.82	2355	1.9395
98	99.64	1923	98.39	122.05	2356	1.9341
99	99.82	1924	99.19	122.28	2357	1.9286
100	100.0	1924	100.0	122.50	2357	1.9228

注：游离三氧化硫含量的总值，表示能溶解于100g该浓度的硫酸而得到的100%的硫酸的三氧化硫的质量（g）。

表 3.2.13 亚硫酸的密度

浓度/%	1	2	3	4	6	8	10
ρ/(g/cm³)	1.0040	1.0091	1.0131	1.0183	1.0292	1.0393	1.0493

3.2.3 硝 酸

表 3.2.14 硝酸溶液的浓度和密度（Ⅰ）

密度 ρ_{20}/(g/mL)	浓度(质量分数)/%	浓度/(mol/L)	密度 ρ_{20}/(g/mL)	浓度(质量分数)/%	浓度/(mol/L)	密度 ρ_{20}/(g/mL)	浓度(质量分数)/%	浓度/(mol/L)
1.00	0.330	0.052	1.18	30.00	5.618	1.36	58.78	12.68
1.01	2.164	0.347	1.19	31.47	5.943	1.37	60.67	13.19
1.02	3.982	0.644	1.20	32.94	6.273	1.38	62.70	13.73
1.03	5.784	0.945	1.21	34.41	6.607	1.39	64.74	14.29
1.04	7.530	1.243	1.22	35.93	6.956	1.40	66.97	14.88
1.05	9.259	1.543	1.23	37.48	7.315	1.41	69.23	15.49
1.06	10.97	1.845	1.24	39.02	7.679	1.42	71.63	16.14
1.07	12.65	2.148	1.25	40.58	8.049	1.43	74.09	16.81
1.08	14.31	2.453	1.26	42.14	8.426	1.44	76.71	17.53
1.09	15.95	2.759	1.27	43.70	8.808	1.45	79.43	18.28
1.10	17.58	3.068	1.28	45.27	9.195	1.46	82.39	19.09
1.11	19.19	3.381	1.29	46.85	9.590	1.47	85.50	19.98
1.12	20.79	3.696	1.30	48.42	9.990	1.48	89.07	20.92
1.13	22.38	4.012	1.31	50.00	10.39	1.49	93.49	22.11
1.14	23.94	4.330	1.32	51.71	10.83	1.50	96.73	23.02
1.15	25.48	4.649	1.33	53.41	11.27	1.51	99.26	23.79
1.16	27.00	4.970	1.34	55.13	11.72	1.513	100.00	24.01
1.17	28.51	5.293	1.35	56.95	12.20			

表 3.2.15　硝酸溶液的浓度和密度（Ⅱ）

浓度			密度 ρ_{20}	浓度			密度 ρ_{20}
(质量分数)/%	/(g/L)	/(mol/L)	/(g/cm^3)	(质量分数)/%	/(g/L)	/(mol/L)	/(g/cm^3)
1	10.04	0.16	1.004	51	671.2	10.65	1.316
2	20.18	0.32	1.009	52	687.4	10.91	1.322
3	30.44	0.48	1.015	53	703.7	11.13	1.328
4	40.80	0.65	1.020	54	720.1	11.47	1.334
5	51.28	0.81	1.026	55	736.6	11.69	1.339
6	61.87	0.98	1.031	56	753.1	11.95	1.345
7	72.58	1.15	1.037	57	769.8	12.22	1.351
8	83.42	1.32	1.043	58	786.5	12.48	1.356
9	94.37	1.50	1.049	59	803.2	12.75	1.361
10	105.4	1.67	1.054	60	820.0	13.01	1.367
11	116.6	1.85	1.060	61	836.9	13.28	1.372
12	127.9	2.03	1.066	62	853.7	13.55	1.377
13	139.4	2.21	1.072	63	870.5	13.81	1.382
14	140.9	2.40	1.078	64	887.4	14.08	1.387
15	162.6	2.58	1.084	65	904.3	14.35	1.391
16	174.4	2.77	1.090	66	921.3	14.62	1.396
17	186.4	2.96	1.096	67	938.3	14.89	1.400
18	198.5	3.15	1.103	68	955.3	15.16	1.405
19	210.7	3.34	1.109	69	972.3	15.43	1.409
20	223.0	3.54	1.115	70	989.4	15.70	1.413
21	235.5	3.74	1.121	71	1006	15.97	1.418
22	248.1	3.94	1.128	72	1024	16.25	1.422
23	260.8	4.14	1.134	73	1041	16.52	1.426
24	273.7	4.34	1.140	74	1058	16.79	1.430
25	286.7	4.55	1.147	75	1075	17.06	1.434
26	299.9	4.76	1.153	76	1093	17.34	1.438
27	313.2	4.97	1.160	77	1110		1.441
28	326.6	5.18	1.167	78	1127		1.445
29	340.3	5.40	1.173	79	1144		1.449
30	354.0	5.62	1.180	80	1162		1.452
31	367.9	5.84	1.187	81	1179		1.456
32	381.9	6.06	1.193	82	1196		1.459
33	396.1	6.29	1.200	83	1214		1.462
34	410.4	6.51	1.207	84	1231		1.466
35	424.9	6.74	1.214	85	1248		1.469
36	439.4	6.97	1.221	86	1266		1.472
37	454.0	7.20	1.227	87	1283		1.475
38	468.7	7.44	1.234	88	1300		1.477
39	483.6	7.67	1.240	89	1317		1.480
40	498.5	7.91	1.246	90	1334		1.483
41	514.6	8.15	1.253	91	1351		1.485
42	528.8	8.30	1.259	92	1368		1.487
43	544.2	8.64	1.266	93	1385		1.489
44	559.6	8.88	1.272	94	1402		1.491
45	575.2	9.13	1.278	95	1419		1.493
46	591.0	9.38	1.285	96	1435		1.495
47	606.8	9.63	1.291	97	1452		1.497
48	622.8	9.88	1.298	98	1471		1.501
49	639.0	10.14	1.304	99	1491		1.506
50	655.0	10.39	1.310	100	1513		1.513

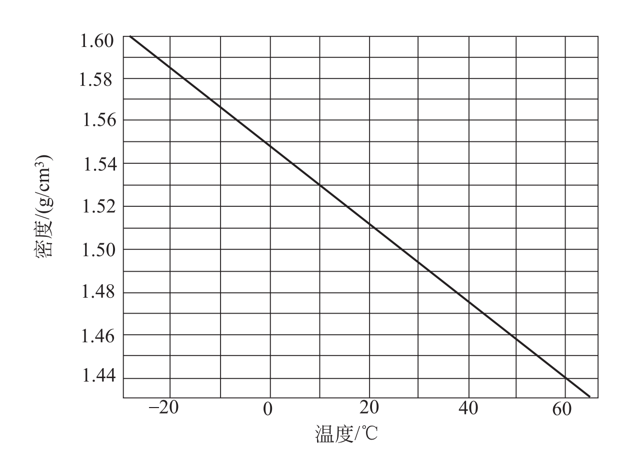


图 3.1　无水硝酸的密度

3.2.4　砷　　酸

表 3.2.16　砷酸水溶液的密度　　　　单位：g/cm³

H_3AsO_4 /%	As_2O_5 /%	密 度	H_3AsO_4 /%	As_2O_5 /%	密 度	H_3AsO_4 /%	As_2O_5 /%	密 度
1	0.81	1.0057	16	13.0	1.1128	35	28.3	1.2829
2	1.62	1.0124	18	14.6	1.1285	40	32.4	1.3370
4	3.24	1.0260	20	16.2	1.1447	45	36.4	1.3959
6	4.86	1.0398	22	17.8	1.1614	50	40.5	1.4602
8	6.48	1.0538	24	19.4	1.1785	55	44.5	1.5304
10	8.10	1.0681	26	21.1	1.1961	60	48.6	1.6070
12	9.72	1.0826	28	22.7	1.2143	65	52.6	1.6904
14	11.3	1.0975	30	24.3	1.2331	70	56.7	1.7811

3.2.5　磷　　酸

表 3.2.17　磷酸的浓度和密度　　　　单位：g/mL

浓度(质量分数)/%		温度/℃								
H_3PO_4	P_2O_5	0	10	15	20	25	30	40	60	80
0	0	0.9999	0.9997	0.9991	0.9982	0.9971	0.9957	0.9922	0.9832	0.9718
5	3.62	1.0282	1.0274	1.0268	1.0254	1.0241	1.0225	1.0189	1.0097	0.9977
10	7.24	1.0571	1.0556	1.0553	1.0532	1.0523	1.0498	1.0468	1.0373	1.0247
15	10.86	1.0873	1.0853	1.0852	1.0824	1.0819	1.0787	1.0759	1.0661	1.0531
20	14.49	1.1192	1.1167	1.1165	1.1134	1.1129	1.1094	1.1065	1.0963	1.0829
25	18.11		1.1499	1.1493	1.1462	1.1453	1.1417	1.1385	1.1280	1.1142
30	21.73		1.1847	1.1837	1.1804	1.1794	1.1756	1.1721	1.1611	1.1472
35	25.35		1.2210	1.2198	1.2160	1.2151	1.2110	1.2074	1.1960	1.1818
40	28.97		1.2590	1.2577	1.2534	1.2527	1.2482	1.2444	1.2326	1.2183
45	32.59		1.2989	1.2974	1.2930	1.2920	1.2875	1.2834	1.2710	1.2566
50	36.22		1.3410	1.3391	1.3350	1.3334	1.3290	1.3242	1.3114	1.2969
55	39.84		1.3850	1.3828	1.3791	1.3767	1.3738	1.3672	1.3539	1.3392
60	43.46		1.4320	1.4287	1.4256	1.4223	1.4190	1.4122	1.3985	1.3836
65	47.08			1.4768	1.4745	1.4700	1.4676	1.4596	1.4453	1.4303

续表

浓度(质量分数)/%		温度/℃								
H_3PO_4	P_2O_5	0	10	15	20	25	30	40	60	80
70	50.70			1.5271	1.5257	1.5200	1.5187	1.5092	1.4945	1.4792
75	54.32			1.5798	1.5790	1.5725	1.5720	1.5613	1.5462	1.5305
80	57.94			1.6350	1.6343	1.6275	1.6272	1.6159	1.6003	1.5843
85	61.57			1.6928	1.6914	1.6850	1.6841	1.6732	1.6572	1.6406
90	65.19			1.7532	1.7499	1.7452	1.7425	1.7331	1.7168	1.6996
95	68.81			1.8163	1.8096	1.8082	1.8020	1.7959	1.7792	1.7612
100	72.43			1.8823	1.8700	1.8741	1.8620	1.8616	1.8446	1.8257

表 3.2.18　20℃时磷酸溶液的浓度和密度（Ⅰ）

密度 ρ_{20} /(g/mL)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/mL)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/mL)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)
1.00	0.296	0.030	1.30	45.88	6.087	1.59	76.68	12.45
1.01	2.148	0.221	1.31	47.10	6.296	1.60	77.60	12.67
1.02	4.000	0.416	1.32	48.30	6.506	1.61	78.50	12.90
1.03	5.836	0.613	1.33	49.48	6.716	1.62	79.40	13.12
1.04	7.643	0.811	1.34	50.66	6.928	1.63	80.30	13.36
1.05	9.429	1.010	1.35	51.84	7.141	1.64	81.20	13.59
1.06	11.19	1.210	1.36	53.00	7.355	1.65	82.08	13.82
1.07	12.92	1.411	1.37	54.14	7.570	1.66	82.96	14.06
1.08	14.6	1.609	1.38	55.28	7.784	1.67	83.82	14.29
1.09	16.26	1.807	1.39	56.42	8.004	1.68	84.68	14.52
1.1	17.87	2.005	1.40	57.54	8.221	1.69	85.54	14.75
1.11	19.46	2.204	1.41	58.64	8.437	1.70	86.38	14.98
1.12	21.03	2.403	1.42	59.74	8.658	1.71	87.22	15.22
1.13	22.56	2.602	1.43	60.84	8.878	1.72	88.06	15.45
1.14	24.07	2.800	1.44	61.92	9.099	1.73	88.90	15.70
1.15	25.57	3.000	1.45	62.98	9.322	1.74	89.72	15.93
1.16	27.05	3.203	1.45	62.98	9.322	1.75	90.54	16.16
1.17	28.51	3.404	1.46	64.03	9.543	1.76	91.36	16.41
1.18	29.94	3.606	1.47	65.07	9.761	1.77	92.17	16.65
1.19	31.35	3.806	1.48	66.09	9.982	1.78	92.97	16.89
1.2	32.75	4.010	1.49	67.10	10.21	1.79	93.77	17.13
1.21	34.13	4.215	1.50	68.10	10.42	1.8	94.57	17.37
1.22	35.50	4.420	1.51	69.09	10.64	1.81	95.37	17.62
1.23	36.84	4.624	1.52	70.07	10.86	1.82	96.15	17.85
1.24	38.17	4.829	1.53	71.04	11.09	1.83	96.93	18.10
1.25	39.49	5.036	1.54	72.00	11.32	1.84	97.71	18.34
1.26	40.79	5.245	1.55	72.95	11.53	1.85	98.48	18.6
1.27	42.09	5.454	1.56	73.89	11.76	1.86	99.24	18.84
1.28	43.37	5.655	1.57	74.83	11.99	1.87	100.0	19.08
1.29	44.63	5.875	1.58	75.76	12.22			

表 3.2.19 20℃时磷酸的浓度及密度（Ⅱ）

浓度			密度 ρ_{20}	浓度			密度 ρ_{20}
(质量分数)/%	/(g/L)	/(mol/L)	/(g/cm^3)	(质量分数)/%	/(g/L)	/(mol/L)	/(g/cm^3)
1	10.0	0.31	1.003	49	649.9	19.9	1.326
2	20.2	0.62	1.009	50	667.5	20.4	1.335
3	30.5	0.93	1.015	51	685.2	21.0	1.344
4	40.8	1.25	1.020	52	703.2	21.5	1.352
5	51.2	1.57	1.025	53	721.4	22.1	1.361
6	61.8	1.89	1.031	54	739.8	22.6	1.370
7	72.5	2.22	1.036	55	758.5	23.2	1.379
8	83.4	2.55	1.042	56	777.4	23.8	1.388
9	94.3	2.89	1.048	57	796.6	24.4	1.397
10	105.3	3.22	1.053	58	816.0	25.0	1.407
11	116.4	3.57	1.059	59	835.7	25.6	1.416
12	127.5	3.91	1.065	60	855.6	26.2	1.426
13	138.8	4.26	1.070	61	875.8	26.8	1.436
14	150.3	4.61	1.076	62	896.2	27.4	1.445
15	161.9	4.97	1.082	63	916.8	28.1	1.455
16	173.7	5.33	1.089	64	937.7	28.7	1.465
17	185.7	5.70	1.095	65	958.8	29.3	1.475
18	197.9	6.07	1.101	66	980.1	30.0	1.485
19	210.2	6.44	1.107	67	1002	30.7	1.495
20	222.7	6.82	1.113	68	1024	31.3	1.505
21	235.2	7.20	1.117	69	1046	32.0	1.515
22	247.9	7.58	1.126	70	1068	32.7	1.526
23	260.7	7.98	1.133	71	1091	33.4	1.536
24	273.6	8.37	1.140	72	1114	34.1	1.547
25	286.7	8.77	1.146	73	1137	34.8	1.557
26	299.9	9.18	1.153	74	1160	35.5	1.568
27	313.3	9.58	1.160	75	1184	36.3	1.579
28	326.8	10.00	1.166	76	1208	37.0	1.589
29	340.4	10.42	1.174	77	1232	37.7	1.600
30	354.2	10.84	1.180	78	1256	38.5	1.611
31	368.1	11.3	1.188	79	1281	39.2	1.622
32	382.2	11.7	1.195	80	1306	40.0	1.633
33	396.5	12.1	1.202	81	1332	40.8	1.644
34	411.0	12.6	1.209	82	1357	41.5	1.655
35	425.6	13.0	1.216	83	1383	42.4	1.667
36	440.5	13.5	1.223	84	1410	43.1	1.678
37	455.5	13.9	1.231	85	1436	43.9	1.689
38	470.7	14.4	1.239	86	1462	44.8	1.700
39	486.1	14.9	1.246	87	1489	45.6	1.712
40	501.6	15.4	1.254	88	1516	46.4	1.723
41	517.3	15.8	1.262	89	1543	47.2	1.734
42	533.2	16.3	1.270	90	1571	48.1	1.746
43	549.2	16.8	1.277	92	1628		1.770
44	565.4	17.3	1.285	94	1686		1.794
45	581.9	17.8	1.293	96	1746		1.819
46	598.6	18.3	1.301	98	1807		1.844
47	615.5	18.8	1.309	100	1870		1.870
48	632.6	19.4	1.318				

3.2.6 氯　　酸

表 3.2.20　氯酸水溶液的浓度和密度　　　　单位：g/cm³

浓度(质量分数)/%	温度/℃ 15	温度/℃ 18	浓度(质量分数)/%	温度/℃ 15	温度/℃ 18	浓度(质量分数)/%	温度/℃ 15	温度/℃ 18	浓度(质量分数)/%	温度/℃ 15	温度/℃ 18
1	1.006	1004.4	8	1.060	1046.8	15	1.118	1092.3	24	1.201	1156.8
2	1.014	1010.3	9	1.068	1053.1	16	1.127	1099.1	26	1.220	
3	1.022	1016.2	10	1.076	1059.4	17	1.136	1106.0	30	1.260	
4	1.030	1022.2	11	1.084	1065.8	18	1.145	1113.0	40	1.371	
5	1.037	1028.3	12	1.092	1072.3	19	1.154	1120.1	50	1.505	
6	1.045	1034.4	13	1.101	1078.9	20	1.163	1127.3	60	1.663	
7	1.053	1040.6	14	1.109	1085.6	22	1.182	1141.9			

表 3.2.21　20℃时高氯酸的浓度和密度　　　　单位：g/cm³

浓度/%	温度/℃ −25	0	15	20	25	30	50	75
1		1.0059	1.0050	1.0035	1.0020	1.0000	0.9933	0.976
2		1.0120	1.0109	1.0105	1.0070	1.0074	0.9906	0.979
4		1.0244	1.0228	1.0217	1.0169	1.0171	0.9986	0.986
6		1.0372	1.0348	1.0333	1.0270	1.0296	1.0205	0.997
8		1.0503	1.0471	1.0454	1.0372	1.0416	1.0320	1.009
10		1.0637	1.0597	1.0579	1.0475	1.0539	1.0440	1.023
12		1.0774	1.0726	1.0708	1.0688	1.0688	1.0560	1.039
14		1.0915	1.0889	1.0840	1.0789	1.0789	1.0680	1.054
16		1.1058	1.0995	1.0975	1.0953	1.0953	1.0810	1.069
18		1.1205	1.1135	1.1112	1.1088	1.1088	1.0940	1.083
20		1.1356	1.1279	1.1252	1.1224	1.1194	1.1070	1.096
22		1.1511	1.1428	1.1395	1.1361	1.1328	1.1205	1.108
24		1.1669	1.1581	1.1542	1.1503	1.1465	1.1345	1.120
26		1.1831	1.1738	1.1697	1.1656	1.1616	1.1490	1.132
28		1.1997	1.1900	1.1851	1.1803	1.1758	1.1645	1.146
30	1.2312	1.2168	1.2067	1.2013	1.1956	1.1902	1.1800	1.160
32	1.2493	1.2344	1.2239	1.2183	1.2124	1.2068	1.1960	1.176
34	1.2683	1.2525	1.2418	1.2359	1.2297	1.2237	1.2130	1.194
36	1.2882	1.2713	1.2603	1.2542	1.2477	1.2416	1.2310	1.212
38	1.3090	1.2908	1.2794	1.2732	1.2666	1.2604	1.2490	1.231
40	1.3308	1.3111	1.2991	1.2927	1.2860	1.2796	1.2680	1.251
45	1.3892	1.3656	1.3521	1.3450	1.3375	1.3305	1.3180	1.299
50	1.4528	1.4255	1.4103	1.4018	1.3929	1.3846	1.3730	1.350
55	1.5205	1.4899	1.4733	1.4636	1.4534	1.4439	1.4320	1.406
60	1.5908	1.5580	1.5389	1.5298	1.5204	1.5116	1.4950	1.470
65	1.6617	1.6283	1.6059	1.5986	1.5915	1.5848	1.5620	1.543
70	1.7306	1.6987	1.6736	1.6680	1.6631	1.6581	1.6290	1.617
80		1.8235	1.7914	1.7837	1.7772	1.7715	1.7540	1.727
90		1.8843	1.8349	1.8223	1.8113	1.8017	1.7720	1.738
95		1.8688	1.8171	1.8043	1.7932	1.7834	1.7515	1.704
100		1.8077	1.7775	1.7676	1.7578	1.7480	1.7098	

表 3. 2. 22 20℃高氯酸溶液的密度和浓度

密度 /(kg/L)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)	密度 /(kg/L)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)	密度 /(kg/L)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(mol/L)
1.01	1.90	0.1910	1.24	33.85	4.178	1.46	54.03	7.852
1.02	3.61	0.3665	1.25	34.95	4.349	1.47	54.79	8.017
1.03	5.25	0.5383	1.26	36.03	4.519	1.48	55.55	8.183
1.04	6.83	0.7122	1.27	37.08	4.687	1.49	56.31	8.352
1.05	8.48	0.8863	1.28	38.10	4.854	1.50	57.06	8.519
1.06	10.06	1.0610	1.29	39.10	5.021	1.51	57.81	8.689
1.07	11.58	1.233	1.30	40.10	5.189	1.52	58.54	8.857
1.08	13.08	1.406	1.31	41.08	5.357	1.53	59.28	9.028
1.09	14.56	1.580	1.32	42.02	5.521	1.54	60.04	9.203
1.10	16.00	1.752	1.33	42.97	5.689	1.55	60.78	9.377
1.11	17.45	1.928	1.34	43.89	5.854	1.56	61.52	9.553
1.12	18.88	2.105	1.35	44.81	6.021	1.57	62.26	9.730
1.13	20.26	2.279	1.36	45.71	6.188	1.58	63.00	9.908
1.14	21.64	2.456	1.37	46.61	6.356	1.59	63.74	10.09
1.15	22.99	2.632	1.38	47.49	6.523	1.60	64.50	10.27
1.16	24.30	2.806	1.39	48.37	6.692	1.61	65.26	10.46
1.17	25.57	2.978	1.40	49.23	6.860	1.62	66.01	10.64
1.18	26.82	3.150	1.41	50.10	7.032	1.63	66.76	10.83
1.19	28.05	3.323	1.42	50.90	7.196	1.64	67.51	11.02
1.20	29.26	3.495	1.43	51.71	7.360	1.65	68.26	11.21
1.21	30.45	3.667	1.44	52.51	7.527	1.66	69.02	11.40
1.22	31.61	3.839	1.45	53.27	7.689	1.67	69.77	11.60
1.23	32.74	4.008						

3. 2. 7 氢 氟 酸

表 3. 2. 23 氢氟酸溶液的浓度和密度

浓度 (质量分数)/%	浓度 /(g/L)	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm^3)	浓度 (质量分数)/%	浓度 /(g/L)	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm^3)
2	20.10	1.005	1.005	32	354.24	17.70	1.107
4	40.48	2.023	1.012	36	402.48	20.11	1.118
6	61.26	3.061	1.021	40	448.32	22.40	1.123
8	82.24	4.110	1.028	44	476.28	23.81	1.134
10	103.60	5.177	1.036	46	501.16	25.04	1.139
12	125.16	6.155	1.043	50	577.50	28.86	1.155
14	147.00	7.347	1.050	60			1.235
16	169.12	8.452	1.057	70			1.258
18	191.52	9.572	1.064	80			1.259
20	214.00	10.69	1.070	90			1.178
24	260.16	13.00	1.084	95			1.089
28	306.88	15.33	1.096	100			1.000

3.2.8　氢　氰　酸

表 3.2.24　氢氰酸溶液的密度

温度/℃	密度/(g/cm³)	温度/℃	密度/(g/cm³)	温度/℃	密度/(g/cm³)	温度/℃	密度/(g/cm³)
−10	0.7238	40	0.6631	90	0.5922	140	0.4994
0	0.7122	50	0.6499	100	0.5761	150	0.4750
10	0.7004	60	0.6363	110	0.5590	160	0.4463
20	0.6883	70	0.6222	120	0.5408	170	0.4098
30	0.6759	80	0.6076	130	0.5211	180	0.3498

3.2.9　氢　碘　酸

表 3.2.25　氢碘酸溶液的浓度和密度

浓度		密度/(g/cm³)		浓度		密度/(g/cm³)	
(质量分数)/%	/(g/L)	15℃	20℃	(质量分数)/%	/(g/L)	15℃	20℃
1	1.0	1.006	1.005	20	23.8	1.168	1.165
2	2.0	1.014	1.013	25	29.6	1.214	1.230
4	4.0	1.029	1.028	30	37.4	1.272	1.274
6	6.0	1.044	1.043	35	47.0	1.337	1.336
8	8.2	1.060	1.059	40	56.5	1.407	1.403
10	10.5	1.077	1.075	45	67.6	1.483	1.476
12	12.7	1.093	1.092	50	79.6	1.567	1.560
14	15.3	1.111	1.109	55	91.9	1.667	1.473
16	17.8	1.129	1.127	60	106.1	1.774	1.539
18	20.5	1.147	1.146	62	112.8	1.822	1.566

3.2.10　氢　溴　酸

表 3.2.26　氢溴酸水溶液的浓度和密度　　单位：g/cm³

浓度		温度/℃				浓度		温度/℃			
(质量分数)/%	/(g/L)	4	10	20	25	(质量分数)/%	/(g/L)	4	10	20	25
1	10.8	1.0073	1.0068	1.0053	1.0041	20	232	1.1640	1.1615	1.1579	1.1557
2	21.0	1.0146	1.0139	1.0124	1.0111	22	273	1.1832	1.1806	1.1767	1.1743
4	41.9	1.0295	1.0285	1.0269	1.0255	24	302	1.2030	1.2003	1.1961	1.1935
6	62.3	1.0448	1.0435	1.0417	1.0402	26	329	1.2235	1.2206	1.2161	1.2134
8	84.3	1.0604	1.0589	1.0568	1.0552	28	354	1.2446	1.2415	1.2367	1.2340
10	107.0	1.0764	1.0747	1.0723	1.0707	30	377	1.2663	1.2630	1.2580	1.2552
12	130.0	1.0928	1.0910	1.0883	1.0867	40	561	1.3877	1.3838	1.3772	1.3736
14	153.0	1.1097	1.1078	1.1048	1.1032	50	758	1.5305	1.5257	1.5173	1.5127
16	178.0	1.1272	1.1251	1.1219	1.1202	60	1007	1.6950	1.6892	1.6787	1.6731
18	205.0	1.1453	1.1430	1.1396	1.1377	65	1149	1.7854	1.7792	1.7675	1.7613

表 3.2.27 氢溴酸在不同压力下的沸点、密度和浓度

压强 /kPa	沸点 /℃	25℃时密度 /(g/cm³)	浓度 /%	压强 /kPa	沸点 /℃	25℃时密度 /(g/cm³)	浓度 /%
10	68.53	1.5140	49.94	90	121.0	1.4809	47.79
20	83.45	1.5071	49.53	100	124.0	1.4788	47.65
30	93.14	1.5011	49.16	110	126.7	1.4769	47.52
40	99.91	1.4961	48.83	120	129.1	1.4752	47.40
50	105.4	1.4920	48.55	130	131.4	1.4737	47.30
60	110.1	1.4886	48.32	140	133.5	1.4724	47.21
70	114.2	1.4857	48.13	150	135.4	1.4712	47.11
80	117.8	1.4832	47.95	160	137.3	1.4700	47.03

3.2.11 铬 酸

表 3.2.28 铬酸溶液的浓度和密度（15℃）

浓度		密度 /(kg/m³)	浓度		密度 /(kg/m³)	浓度		密度 /(kg/m³)
CrO_3(质量分数)/%	/(g/L)		CrO_3(质量分数)/%	/(g/L)		CrO_3(质量分数)/%	/(g/L)	
1	10.06	1006	14	155.4	1110	28	347.2	1240
2	20.28	1014	16	180.3	1127	30	378.0	1260
4	41.20	1030	18	206.1	1145	35	459.6	1313
6	62.70	1045	20	232.6	1163	40	548.4	1371
8	84.80	1060	22	259.8	1181	45	645.8	1435
10	107.60	1076	24	288.0	1200	50	752.5	1505
12	131.20	1093	26	317.2	1220	60	997.8	1663

3.2.12 其 他

表 3.2.29 其他无机酸水溶液的密度 单位：kg/m³

化合物名称	温度 /℃	浓度(质量分数)/%									
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
H_3BO_3	d_{15}^{15}	1.003	1.007	1.015							
H_3BO_3 ①	20	1.002	1.006	1.013							
HCN②	15	0.998	0.996	0.993	0.989	0.984	0.978	0.971	0.964	0.956	0.951
HIO_3	18	1.007	1.016	1.033	1.052	1.071	1.090	1.110	1. 131	1.152	1.174
HIO_4	17	1.008	1.016	1.035	1.054	1.074	1.094	1.116	1.139	1.162	1.186
$H_2S_2O_8$	14	1.005	1.011	1.022	1.034	1.046	1.059	1.072	1.085	1.099	1.113
H_2SeO_4 ③	20	1.006	1.014	1.029	1.045	1.060	1.077	1.093	1.110	1.128	1.146
H_2SiF_6	18	1.007	1.015	1.031	1.048	1.065	1.082	1.100	1.117	1.136	1.154
化合物名称	温度 /℃	浓度(质量分数)/%									
		20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
HCN②	15	0.949	0.945	0.940	0.935	0.930	0.925	0.908	0.892	0.876	0.860
HIO_3	18	1.197	1.221	1.245	1.270	1.296	1.322	1.390	1.464		
HIO_4	17	1.212	1.238	1.265	1.293	1.323	1.355	1.388^{32}			
$H_2S_2O_8$	14	1.127	1.142	1.157	1.173	1.189	1.205	1.245			
H_2SeO_4 ③	20	1.164	1.183	1.203	1.224	1.244	1.265	1.323	1.382	1.450	1.518
H_2SiF_6	18	1.173	1.192	1.212	1.232	1.252	1.272				

① 质量分数为 0.5%、1.5%、2.5%、3.0%、3.5%、4.5%时，其密度分别为 0.9999kg/m³、1.004kg/m³、1.007kg/m³、1.009kg/m³、1.010kg/m³、1.015kg/m³。

② 质量分数为 55%、60%、65%、70%、75%、80%、90%、100%时，密度分别为 0.844kg/m³、0.826kg/m³、0.809kg/m³、0.792kg/m³、0.775kg/m³、0.759kg/m³、0.724kg/m³、0.691kg/m³。

③ 质量分数为 60%、70%、80%时，其密度分别为 1.685kg/m³、1.887kg/m³、2.122kg/m³。

3.3 黏　　度

表 3.3.1　盐酸水溶液的黏度　　单位：mPa・s

浓度/%	温度/℃ 0	10	15	20	25	35	45
5	1.84	1.38	1.20	1.08	0.986	0.817	0.666
10	1.89	1.45	1.30	1.16	1.06	0.886	0.742
15			1.40	1.24	1.16	0.977	0.831
20				1.36	1.28	1.09	0.936
23				1.44	1.36	1.17	1.000
30				1.70			

表 3.3.2　硝酸水溶液的黏度　　单位：mPa・s

浓度/%	温度/℃ 10	20	30	40
20	132	105	86	71
40	160	130	108	91
60	262	200	163	136
80	237	188	154	126
100	1770	2270(0℃)		

表 3.3.3　硫酸和发烟硫酸的黏度　　单位：mPa・s

硫酸浓度（质量分数）/%		温度/℃ 15	20	30	40	50
硫酸	10	1.47	1.12	0.99	0.76	0.58
	20	1.83	1.38	1.19	0.95	0.76
	30	2.44	1.82	1.52	1.21	0.99
	40	3.24	2.48	2.10	1.62	1.39
	50	4.65	3.58	2.72	2.30	1.90
	55	5.74	4.48	3.38	2.88	2.28
	60	7.15	5.52	4.08	3.42	2.77
	65	9.32	7.10	5.78	4.55	3.55
	70	12.8	9.65	7.90	6.10	4.20
	75	18.6	13.9	10.6	8.10	5.90
	80	31.3	23.2	15.2	10.70	7.72
	82	32.2	23.6	15.9	12.1	8.11
	85	32.3	23.7	16.1	12.4	8.48
	88	32.1	23.5	15.9	12.2	8.50
	89	31.9	23.3	15.7	11.95	8.50
	90	31.7	23.1	15.55	11.8	8.45
	91	31.6	23.0	15.5	11.75	8.42
	92	31.65	23.05	15.55	11.80	8.40
	93	31.7	23.1	15.6	12.05	8.40
	94	31.85	23.2	15.65	12.2	8.52
	95	32.1	23.4	15.75	12.35	8.71
	96	32.6	23.9	16.0	12.5	8.95
	97	33.7	24.8	16.5	12.7	9.15
	98	34.9	25.8	17.1	12.9	9.46
	99	36.1	26.8	17.7	13.6	9.75
	100	37.2	27.8	18.5	14.2	9.80

续表

硫酸浓度（质量分数）/%		温度/℃ 15	20	30	40	50
发烟硫酸	1	36.9	27.5	18.25	13.8	9.75
	2	36.8	27.45	18.2	13.6	9.59
	3	37.2	27.85	18.55	13.7	9.65
	4	37.8	28.4	19.0	14.1	9.92
	5	38.7	29.1	20.6	14.7	10.1
	10	42.0	31.9	23.6	16.9	11.0
	15	45.1	34.6	26.5	19.0	11.9
	20	47.4	36.6	28.8	20.8	12.8
	25	48.8	38.0	30.9	22.6	13.7
	30	49.8	39.0	32.6	24.1	14.6
	35	50.4	39.8	34.1	25.5	15.5
	40	50.5	40.4	35.3	26.7	16.4
	45	49.9	40.7	36.3	27.7	17.0
	50	48.9	40.9	37.2	28.5	17.2
	55	47.6	41.0	37.5	28.8	17.2
	60	46.5	41.0	37.8	28.8	17.0
	65	45.7	40.7	37.5	28.5	16.5
	70	44.9	40.4	37.0	27.9	15.9
	75		39.8	36.0	26.9	15.0
	80		39.2	34.7	25.5	14.0
	90		37.4	30.1	21.0	11.6
	100		34.5	18.2	11.85	

表 3.3.4　砷酸水溶液黏度　　单位：mPa·s

浓度/(mol/L)	0.1	0.25	0.5	1.0
η	1.023	1.060	1.126	1.257

表 3.3.5　磷酸水溶液的黏度

(1)　　单位：mPa·s

浓度	质量分数/%	0.5	1.0	1.5	2	3	4	6	8	10	15
	摩尔分数/%	0.09188	0.1849	0.2785	0.3729	0.5645	0.7606	1.169	1.596	2.035	3.146
温度/℃	0	1.811	1.873	1.917	1.945	1.972	1.981	2.028	2.167	2.400	3.106
	25	0.969	0.970	0.971	0.973	0.981	0.993	1.035	1.097	1.173	1.380
	50	0.583	0.588	0.593	0.599	0.611	0.625	0.656	0.691	0.729	0.834
浓度	质量分数/%	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	摩尔分数/%	4.314	5.629	7.183	8.964	10.93	13.07	15.51	18.35	21.61	25.44
温度/℃	0	3.581	3.881	5.989	6.716	6.618	8.883	11.13	14.50	19.60	26.07
	25	1.607	1.882	2.791	3.079	3.056	4.046	5.014	6.304	8.229	10.05
	50	0.951	1.089	1.492	1.673	1.757	2.262	2.751	3.414	4.346	5.204
浓度	质量分数/%	70	75	80	85	90	92	94	96	98	98.5
	摩尔分数/%	30.03	35.54	42.38	51.19	62.26	67.92	74.23	81.52	90.01	92.38
温度/℃	25	13.57	20.04	24.49	37.10	63.35	73.5	86.8	109.7	136.4	156.1
	50	6.767	9.383	11.07	15.45	24.47	27.71	32.08	39.31	47.55	53.7

（2）

浓度/%	温度/℃																	
	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
0	1.0	0.90	0.8	0.66	0.57	0.48	0.425	0.37	0.335	0.30								
5	1.1	0.99	0.89	0.74	0.63	0.54	0.47	0.42	0.37	0.33								
10	1.2	1.1	0.99	0.83	0.71	0.61	0.54	0.47	0.42	0.38								
15	1.4	1.2	1.1	0.94	0.81	0.69	0.61	0.53	0.47	0.43								
20	1.6	1.4	1.3	1.1	0.92	0.78	0.69	0.6	0.54	0.48								
25	1.8	1.6	1.5	1.2	1.0	0.89	0.79	0.69	0.61	0.55								
30	2.2	1.9	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	0.79	0.7	0.62								
35	2.6	2.2	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.79	0.71								
40	3.0	2.6	2.3	1.9	1.5	1.3	1.2	1.0	0.9	0.81								
45	3.6	3.1	2.7	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	1.0	0.92								
50	4.3	3.7	3.3	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1								
55	5.3	4.5	4.0	3.2	2.5	2.1	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1							
60	6.6	5.6	5.0	3.9	3.1	2.5	2.2	1.9	1.7	1.4	1.3							
65	8.4	6.8	6.2	4.9	3.8	3.1	2.6	2.3	2.0	1.7	1.5	1.4						
70	11	9.2	7.8	6.1	4.7	3.9	3.2	2.7	2.4	2.0	1.8	1.6						
75	15	12	10	7.8	5.9	4.8	3.9	3.3	2.8	2.4	2.1	1.9	1.7					
80	20	17	14	10	7.6	6.2	4.9	4.1	3.4	3.0	2.6	2.3	2.0	1.8				
85	28	23	19	14	10	8.1	6.3	5.1	4.2	3.8	3.2	2.8	2.4	2.2	1.9			
90	41	34	27	19	14	11	8.3	6.5	5.4	4.8	4.0	3.5	3.0	2.8	2.4	2.1		
95	68	55	42	30	20	15	12	8.7	7.3	6.2	5.2	4.4	3.8	3.3	3.0	2.6	2.3	2.1
100	140	100	81	53	36	25	19	14	11	9.2	7.7	6.2	5.2	4.5	4.1	3.5	3.2	2.9
105	600	440	330	173	110	70	50	33	25	19	15	12	9.6	8.0	7.1	6.0	5.2	4.5
110		2200	1600	810	410	270	170	100	67	50	38	29	22	18	15	13	10	8.8
115						1500	1000	600	380	250	190	120	99	68	54	41	34	28
118								2000	1200	830	550	400	320	210	170	130	107	87

表 3.3.6　氢氰酸的黏度

（1）气体　　单位：μPa・s

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
η	7.562	8.849	10.09	11.30	12.47	13.62	14.74	15.84	16.92	17.99	19.04	20.07	21.10	22.11	23.11

（2）液体　　单位：mPa・s

温度/℃	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
η	0.234	0.192	0.161	0.139	0.122	0.100	0.0806	0.0633	0.0481	0.0352

表 3.3.7　氢溴酸水溶液的黏度　　单位：mPa・s

浓度/(mol/L)	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	1.0	2	3	4	6	8
η	100.03	100.07	100.16	100.33	101.65	103.27	107.21	111.60	117.07	132.46	153.00

表 3.3.8　高氯酸水溶液黏度　　单位：mPa・s

浓度/%	50℃	20℃	0℃	浓度/%	50℃	20℃	0℃
10	0.569	1.010	1.714	60.00	1.646	2.813	4.713
20	0.610	1.043	1.707	70.00	2.639	4.504	7.333
30	0.684	1.139	1.815	77.95	4.014	7.300	—
40	0.822	1.345	2.113	84.03	3.417	5.325	—
50	1.099	1.821	2.914	94.90	1.253	2.004	—
60	1.646	2.813	4.713	100.0	0.563	0.760	—

表 3.3.9 无机酸及其水溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

（1）氢氰酸（0℃）

w/%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\eta/\eta_{水}$	1.0000	0.9893	0.7797	0.6009	0.4715	0.3698	0.2905	0.2312	0.1915	0.1484	0.1502

（2）其他酸

名　称	浓度/(mol/L)				名　称	浓度/(mol/L)			
	1.0	0.5	0.25	0.125		1.0	0.5	0.25	0.125
盐酸	1.0671	1.0338	1.0166	1.0095	磷酸	1.2871	1.1331	1.0656	1.0312
砷酸	1.2707	1.1291	1.0595	1.0309	氯酸	1.0520	1.0255	1.0145	1.0059
硫酸	1.0898	1.0433	1.0216	1.0082	高氯酸	1.0118	1.0032	0.9998	0.9992
硝酸	1.0266	1.0115	1.0052	1.0027	氢溴酸	1.0320	1.0164	1.0095	1.0068

3.4 表 面 张 力

3.4.1 酸

表 3.4.1 硝酸的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
σ	20.40	19.49	18.58	17.67	16.76	15.84	14.93	14.02	13.11	12.20

表 3.4.2 氢氰酸的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
氢氰酸	21.19	18.45	15.78	13.18	10.67	8.245	5.993	3.775	1.807	0.189

注：氢氟酸（0℃）为 10.1mN/m；氢溴酸（−78℃）为 27.0mN/m。

表 3.4.3 磷酸的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	浓度(H_3PO_4)/%							
	10	20	30	40	50	60	70	80
20	74.1	74.6	76.5	77.5	78.2	78.7	78.9	79.3
30	72.3	73.5	74.7	76.6	77.0	77.7	78.1	78.4
40	70.6	72.1	73.5	75.0	75.9	76.4	77.3	77.5
50	68.8	70.2	72.1	73.6	74.6	75.6	76.5	77.0
60	67.2	69.2	70.4	72.8	73.6	74.4	75.4	76.2
70	65.7	67.2	69.2	71.4	72.5	73.4	74.7	75.1
80	63.7	65.9	68.1	70.5	71.5	72.4	73.9	74.3
90	61.6	64.5	66.1	69.8	70.4	71.3	73.1	74.0

3.4.2 酸水溶液

表 3.4.4 酸水溶液的表面张力

（1）　　单位：mN/m

界　面	温度/℃	浓度(质量分数)/%													
		2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
HCl	20	72.54	72.42	72.3	72.16	72.01	71.79	71.47	70.14	68.07	65.86				
$HNO_3$①	20		72.17	71.95	71.72	71.5	70.95	70.4	69.86	69.3	68.73	68.0	65.3	62.2	59.0
H_2SO_4	25		72.2	72.4	72.53	72.65	73.06	73.66	74.32	74.9	75.42				
$HClO_4$	25		71.34	70.97	70.64	70.34	69.73	69.24	68.87	68.59	68.41	68.36	68.74	69.54	69.41

① 浓度为 80%、90%、100%时，其表面张力分别为 54.5mN/m、48.8mN/m、41.0mN/m。

（2）

项　目	浓度/(mol/L)										
	0.5	1.0	1.5	2.0	3	4	6	8	10	15	17.7
盐酸	72.6	72.5	72.4	72.3	72.1	71.9	71.5	71.0	70.2	67.4	66.0
硝酸	72.2	71.9	71.6	71.3	70.8	70.3	69.5	68.6			

注：温度为 20℃。

（3）硫酸　　单位：mN/m

硫酸浓度（质量分数）/%	温度/℃				
	10	20	30	40	50
10	74.67	73.33	72.06	70.83	69.37
20	75.32	74.13	73.09	72.13	70.95
30	76.24	75.20	74.30	73.46	72.42
40	77.22	76.37	75.52	74.83	73.83
45	77.39	76.55	75.75	75.19	74.29
50	77.27	76.50	77.33	75.44	74.73
55	76.94	76.36	75.97	75.58	75.05
60	76.39	76.05	75.51	75.38	74.93
65	75.72	75.38	75.08	74.77	74.38
70	74.72	74.42	74.16	73.87	73.56
75	73.34	73.09	72.81	72.56	72.31
80	71.51	71.30	70.94	70.68	70.43
85	68.56	68.12	67.99	67.70	67.48
90	63.37	62.67	63.39	63.12	62.86
95	58.39	58.08	57.78	57.49	57.22
100	52.92	52.55	52.23	51.95	51.70

表 3.4.5　硫酸-有机溶剂界面的界面张力　　单位：mN/m

溶　剂	浓度(质量分数)/%				
	3	10	40	75	90
乙醚	17.30	19.55	32.50	46.30	46.83
硝基苯	42.73	43.96	46.05	47.52	48.25

3.5 溶　解　度

表 3.5.1　无机酸在水中的溶解度

分子式	名称	无水无机酸在下列温度时 100g 水中的最大溶解质量/g										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$H_3BO_3$①	硼酸	2.66	3.57	5.04	6.72	8.72	11.5	14.8	18.6	23.6	30.4	40.3
HBr	溴酸	221	210	198	187	178	172	168	164	159	149	130
HCl	盐酸	82.3	76.7	71.7	67.3	63.3	59.6	56.1				
HIO_3	碘酸	237		257		280		315		361		421
H_2MoO_4	钼酸		0.169	0.247	0.275	0.331	0.404	0.468	0.423	0.521		
H_3PO_3	亚磷酸	307			694	730						
H_2SeO_3	亚硒酸	90	122	167	236	344	381	383	383	383	385	400^{98}
H_2SeO_4	硒酸			566	1300	1720	2753	∞				
$H_2TeO_4·2H_2O$①	碲酸·2水		33.9	43.0	50.0	57.2	66.2	77.5	90.6	106	123	155
$H_2TeO_4·6H_2O$①	碲酸·6水	16.2	35.5									

① 表示 100mL 饱和溶液中所含的硼酸质量（g）。

表 3.5.2 溴化氢在水中的溶解度

(1) 常压

温度/℃	体积比	质量/%	溴化氢/%	温度/℃	体积比	质量/%	溴化氢/%
−25	706.5	255.0	71.9	10	581.4	210.3	67.8
−20	684.0	247.3	71.3	25	532.1	193.0	65.9
−15	662.0	239.0	70.6	50	468.6	171.5	63.2
−10	644.5	233.5	70.1	75	406.7	150.5	60.1
−5	630.0	228.0	69.5	100	344.6	130.0	56.5
0	611.6	221.2	68.9				

(2) 低压

HBr 分压/Pa	0.20	0.50	1.2	3.0	7.8	20
溶解度/(mol/kg 水)	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0

表 3.5.3 硼酸在硫酸中的溶解度

25℃时/(g/100g 饱和溶液)				70℃时/(g/100g 饱和溶液)			
H_3BO_3	H_2SO_4	H_3BO_3	H_2SO_4	H_3BO_3	H_2SO_4	H_3BO_3	H_2SO_4
5.5	—	1.8	30.2	15.8	—	5.9	29.0
3.6	11.0	1.2	46.0	11.5	10.1	3.8	44.7
2.8	18.8	0.8	56.0	9.3	17.8	3.3	54.6

表 3.5.4 硼酸在有机溶剂中的溶解度

溶　剂	温度/℃	溶解度(质量分数)/%	溶　剂	温度/℃	溶解度/(g/L 溶液)
98.5%甘油	20	19.9	甲醇	25	173.9
86.5%甘油	20	12.1	乙醇	25	94.4
乙二醇	25	18.5	丙醇	25	59.4
二乙二醇	25	13.6	异丁醇	25	42.8
乙酸乙酯	25	1.5	异戊醇	25	35.3
丙酮	25	0.6	二噁烷	25	约 14.6
冰乙酸	30	6.3	吡啶	25	约 70

注：磷酸在乙醚中的溶解度为 525g/100g。

表 3.5.5 高氯酸在水中的溶解度

温度/℃	摩尔分数/%	固　相	温度/℃	摩尔分数($HClO_3$)/%	固　相
0	0	冰	−40.5	22.5	$HClO_4 \cdot 3H_2O$
−10	5		−39.5	22.75	
−21	7		−37.6	24.0	
−34.5	9		−37.5	26.0	
−54.0	11		−38.8	27.0	
−50.5	19	$HClO_4 \cdot 3.5H_2O$	−47.8	22.5	β-$HClO_4 \cdot 3H_2O$
−45.0	20		−44.0	24.0	
−42.3	21		−43.5	24.5	
−41.4	22.22		−43.2	25.0	
−43.0	23.5		−44.5	26.0	

续表

温度/℃	摩尔分数/%	固　相	温度/℃	摩尔分数($HClO_3$)/%	固　相
−37.2	25.0	α-$HClO_4 \cdot 3H_2O$	−12.5	37.0	$HClO_4 \cdot H_2O$
−32.0	26.0	$HClO_4 \cdot 2.5H_2O$	3.0	38.0	
−29.8	28.57	$HClO_4 \cdot 2.5H_2O$	28.0	40.8	
−44.0	27.0	$HClO_4 \cdot 2H_2O$	40.0	43.7	
−41.0	27.25		50.0	50.0	
−34.0	28.0		45.0	59.9	
−24.0	29.9		27.5	71.5	
−17.8	33.3		17.0	77.2	
−21.5	36.0		2.2	83.3	
−23.6	36.5	$HClO_4 \cdot 2H_2O$ $HClO_4 \cdot H_2O$	−21.5	90.7	
			−40.0	94.0	
			−120	100.0	

表 3.5.6　磷酸在水中的溶解度

温度/℃	溶解度(质量分数)/%	固　相	温度/℃	溶解度(质量分数)/%	固　相
−81	62.9	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$	24.40	99.84	$10H_3PO_4 \cdot H_2O$
−16.30	76.7	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$	24.81	94.95	$10H_3PO_4 \cdot H_2O$
0.5	78.7	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$	25.41	95.26	$10H_3PO_4 \cdot H_2O$
14.95	81.7	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$	25.85	95.54	$10H_3PO_4 \cdot H_2O$
24.03	85.7	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$	26.23	95.90	$10H_3PO_4 \cdot H_2O+H_3PO_4$
27.00	87.7	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$	27.02	95.98	H_3PO_4
29.15	90.5	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$			

3.6　蒸　气　压

表 3.6.1　盐酸水溶液的水蒸气分压　　单位：kPa

浓度(质量分数)/%	温度/℃												
	0	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
6	0.557	1.560	2.120	2.906	3.880	5.253	6.746	11.47	18.53	26.66	44.40	65.59	95.32
10	0.512	1.426	1.946	2.666	3.573	4.733	6.266	10.66	17.33	27.20	41.33	61.73	90.26
14	0.452	1.286	1.746	2.400	3.213	4.253	5.613	9.599	15.46	24.66	36.40	56.66	83.33
18	0.383	1.101	1.506	2.053	2.746	3.666	4.853	8.333	13.60	21.60	33.06	49.86	73.33
20	0.349	1.000	1.373	1.880	2.533	3.346	4.440	7.599	12.47	20.00	30.66	46.00	67.99
22	0.311	0.900	1.240	1.680	2.280	3.040	4.026	6.933	11.41	18.40	28.13	42.26	62.26
24	0.273	0.804	1.106	1.520	2.053	2.720	3.613	6.226	10.26	16.53	25.86	38.66	56.80
26	0.235	0.695	0.961	1.326	1.800	2.400	3.200	5.533	9.200	14.93	23.06	34.80	51.73
28	0.200	0.605	0.843	1.167	1.573	2.106	2.813	4.866	8.093	13.20	20.53	31.20	46.53
30	0.168	0.517	0.721	1.003	1.360	1.826	2.453	4.266	7.133	11.66	18.13	27.60	41.33
32	0.139	0.433	0.607	0.849	1.160	1.560	2.093	3.693	6.200	10.20	16.00	24.53	36.66
34	0.113	0.360	0.508	0.713	0.976	1.326	1.800	3.200	5.400	8.866	13.86	21.46	45.73
36	0.091	0.292	0.413	0.588	0.811	1.111	1.520	2.720	4.640	7.600	12.00	18.66	28.26
38	0.071	0.233	0.335	0.480	0.671	0.923	1.269	2.320	3.946	6.546	10.33	16.00	24.26
40	0.055	0.183	0.266	0.384	0.545	0.757	1.047	1.933	3.333	5.613	8.972	14.00	21.06
42	0.041	0.141	0.208	0.307	0.437	0.613	0.860	1.613	2.826	4.773	7.626	11.89	18.00

表 3.6.2 盐酸水溶液的氯化氢分压 单位：Pa

浓度(质量分数)/%	温度/℃											
	0	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
2	1.000	0.003	0.006	0.011	0.020	0.037	0.063	0.187	0.507	1.333	3.266	7.733	17.60
4	0.002	0.017	0.032	0.059	0.103	0.179	0.307	0.853	2.200	5.400	12.66	28.00	61.33
6	0.009	0.057	0.101	0.175	0.300	0.507	0.826	2.173	5.333	12.53	27.46	58.66	122.6
8	0.016	0.139	0.237	0.413	0.687	1.133	1.840	4.586	10.80	24.40	52.00	109.3	218.6
10	0.056	0.309	0.527	0.893	1.480	2.373	3.760	9.199	20.93	46.66	97.32	197.3	386.6
12	0.120	0.693	1.173	1.933	3.120	4.933	7.733	18.13	40.66	87.99	178.6	353.3	679.9
14	0.320	1.573	2.613	4.213	6.667	10.40	16.13	36.66	79.99	166.6	333.3	639.9	1200
16	0.747	3.533	5.706	9.133	14.13	21.73	32.93	73.33	156.0	320.0	621.3	1173	2146
18	1.800	7.999	12.66	19.73	30.40	46.00	68.66	148.0	306.6	606.6	1146	2093	3733
20	4.213	17.60	27.33	42.66	63.99	95.99	141.3	294.6	586.6	1133	2080	3746	6533
22	9.786	38.93	59.99	90.66	136.0	200.0	290.6	589.3	1147	2173	3906	6933	12000
24	23.33	88.00	133.3	198.6	289.3	418.6	599.9	1187	2253	4133	7253	12532	20932
26	0.055	0.196	0.289	0.427	0.608	0.866	1.226	2.333	4.333	7.799	13.33	22.53	36.80
28	0.133	0.448	0.653	0.940	1.320	1.840	2.546	4.760	8.533	14.93	25.06	41.20	65.72
30	0.320	1.013	1.413	2.013	2.800	3.813	5.253	9.466	16.53	27.73	45.33	72.26	112.6
32	0.760	2.240	3.133	4.333	5.933	8.000	10.80	18.80	31.86	52.00	83.06	129.3	
34	1.746	4.906	67.33	9.133	12.26	16.26	21.46	36.40	60.00	95.99			
36	3.866	10.40	14.00	18.93	25.06	32.80	42.93	71.33	114.80				
38	8.399	21.06	28.00	36.93	48.00	62.00	79.73	127.3					
40	17.33	40.93	53.20	68.66	83.59	110.7							
42	33.73	66.66	94.52	120.0									

表 3.6.3 硫酸水溶液的水蒸气分压 单位：kPa

温度/℃	硫酸浓度/%														
	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
100	2.996	2.429	1.974	1.612	1.324	1.093	0.904	0.744	0.605	0.478	0.357				
110	5.994	5.381	4.643	3.827	3.050	2.393	1.893	1.549	1.316	1.111	0.809				
120	10.00	8.935	7.711	6.428	5.211	4.145	3.275	2.609	2.115	1.720	1.315				
130	16.13	13.94	11.84	9.857	8.071	6.525	5.228	4.171	3.329	2.665	2.143	1.750	1.456	1.213	0.976
140	23.81	21.15	18.13	14.97	12.08	9.678	7.814	6.429	5.394	4.552	3.763	3.104	2.558	2.025	1.464
150	44.78	35.85	28.99	23.80	19.69	16.25	13.31	10.81	8.743	7.159	6.059	5.167	4.308	3.403	2.290
160			45.57	39.01	32.58	26.57	21.25	16.80	13.30	10.72	8.940	7.738	6.793	5.681	3.881
170						41.11	32.40	25.52	20.19	16.15	13.13	10.85	9.053	7.463	5.811
180								39.87	31.81	24.93	19.24	14.73	11.41	9.268	8.316
190											26.54	23.17	19.81	16.44	13.07
200											51.31	43.86	36.41	28.96	21.50

表 3.6.4 发烟硫酸的三氧化硫蒸气压 单位：kPa

硫酸浓度/%		温度/℃										
硫酸	游离 SO_3	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
102.0	8.9				0.0533	0.0800	0.1333	0.2133	0.5066	1.133	2.426	5.000
103.0	13.3				0.0667	0.1200	0.1733	0.2800	0.6399	1.400	2.933	5.919
104.0	17.8	0.0260	0.0400	0.0667	0.1067	0.1733	0.2666	0.4000	0.8933	1.893	3.866	7.573
104.5	20.0	0.0400	0.5333	0.0933	0.1467	0.2266	0.3466	0.5333	1.1870	2.506	5.053	9.852
105.0	22.2	0.0533	0.9333	0.1467	0.2266	0.3466	0.5333	0.7999	1.7470	3.626	7.213	13.83
105.5	24.4	0.1067	0.1600	0.2533	0.3866	0.5866	0.8799	1.3070	2.7600	5.613	10.87	20.41
106.0	26.7	0.1867	0.2800	0.4266	0.6533	0.9733	1.4400	2.0930	4.2800	8.399	15.87	28.96
106.5	28.9	0.3200	0.4800	0.7333	0.1093	1.6000	2.3200	3.3330	6.6390	12.730	22.82	41.58
107.0	31.0	0.5333	0.8000	1.1870	1.7330	2.5060	3.5860	5.0800	9.8660	1.8430	33.22	57.98

表 3.6.5　硫酸水溶液的蒸气总压　　单位：Pa

温度	硫酸质量分数/%									
/℃	95	90	80	80	60	50	40	30	20	10
0			1.920	20.53	91.46	206.6	340.0	457.3	536.0	584.0
5		0.1573	3.066	31.33	137.3	301.3	492.0	658.6	782.6	839.9
10		0.2613	4.773	45.60	194.7	425.3	695.9	921.3	1073	1173
15		0.4240	7.399	67.46	273.3	599.9	969.3	1287	1507	1640
20		0.6626	11.13	96.39	382.6	826.6	1327	1760	2053	2213
25		1.021	16.53	137.3	529.3	1127	1800	2373	2773	2986
30		1.560	24.40	192.0	721.3	1507	2400	3173	3706	4000
35	0.2000	2.386	35.33	266.6	985.2	2053	3240	4253	4960	5346
40	0.3133	3.533	50.80	366.6	1313	2706	4240	5560	6479	7053
45	0.4933	5.266	71.99	497.3	1733	3560	5466	7293	8439	9079
50	0.7733	7.733	102.7	689.3	2333	4693	7186	9506	10960	11800
55	1.169	11.20	141.3	918.6	3026	6066	9199	12130	14130	15070
60	1.773	16.00	196.0	1216	3906	7733	11640	15470	17730	19070
65	2.613	22.53	266.6	1360	5026	9826	14670	19330	22260	23730
70	3.840	31.46	357.3	2080	6399	12330	18400	24000	27600	29730
75	5.533	43.60	480.0	2706	8026	15330	22800	29600	34130	36530
80	8.079	59.99	635.9	3466	10040	19070	28130	36400	41860	44930
85	11.72	82.39	846.6	4453	12570	23730	34800	44400	51330	55060
90	16.40	109.7	1107	5666	15600	28930	42530	53860	62390	66390
95	22.93	149.3	1440	7186	19200	35730	52000	65730	77330	81060
100	31.60	198.6	1853	8933	23730	43460	63190	78660	90390	95990
105	42.80	257.3	2346	10970	28400	52400	75730	93590	108300	
110	58.26	336.0	3000	13730	34660	62790	90530			
115	78.66	430.6	3773	16800	41730	74930	106700			
120	105.1	558.6	4746	20400	50260	89330				
125	142.7	723.9	5959	25060	60260	106300				
130	189.3	929.3	7466	30660	72530					
135	249.3	1180	9199	36930	86260					
140	320.0	1493	11400	44260	101300					
145	414.6	1853	13870	39600						
150	536.0	2333	16930	62790						
155	683.9	2920	20930	75190						
160	862.6	3693	25060	88660						
165	1119	4426	30130	105300						
170	1373	5306	35600							
175	1720	6453	42530							
180	2120	7866	50400							
185	2693	9493	59990							
190	3306	11330	71330							
195	4093	13600	84930							
200	4893	16000	97990							
205	6039	19070								
210	7333	22660								
215	8919	27060								
220	10640	32000								
225	12790	37200								
230	15330	43460								
235	18270	50660								
240	21860	59990								
245	25730	69330								

表 3.6.6 磷酸溶液的水蒸气压 单位：Pa

浓度(质量分数)/%	H_3PO_4	0	5	10	20	30	50	65	80	100	110
	P_2O_5	0	3.62	7.24	14.49	21.73	36.22	47.08	61.57	73.20	79.60
温度/℃	25	3168	3129	3088	2986	2836	2224	1421	299	2.9	5.7×10^{-4}
	40	7375	7279	7199	6959	6613	5253	3386	760	9.2	3.6×10^{-3}
	60	19918	19732	19332	18798	17998	14399	9533	2066	35.0	2.6×10^{-2}
	80	47343	46529	45996	44663	42663	34930	23465	6199	115.0	1.4×10^{-1}
	100	101325	99325	98125	95059	91059	75594	51729	14399	340.0	7.2×10^{-1}

表 3.6.7 正磷酸溶液的蒸气压 单位：Pa

H_3PO_4浓度 (质量分数)/%	/(mol/kg 水)	温度/℃ 25	40	50	60	75	80	100
1.6	0.166	3152	7333	12266	19866	38266	46932	99864
4.49	0.48	3133	7293	12200	19733	37999	46666	99464
8.14	0.904	3107	7240	12093	19466	37732	46266	98531
13.63	1.61	3059	7120	11906	19200	37199	45599	97464
16.69	2.045	3028	7053	11800	19066	36799	45199	96264
20.07	2.562	2985	6960	11640	18800	36266	44666	95064
23.06	3.058	2949	6880	11506	18533	35866	44132	93998
29.8	4.331	2839	6627	11106	18000	34799	42666	91198
35.06	5.609	2724	6373	10693	17333	33599	41332	88398
39.18	6.572	2612	6133	10293	16666	32399	39866	85598
45.49	8.514	2400	5653	9533.1	15466	30266	37199	80265
50.2	10.28	2215	5240	8853.1	14400	28266	34799	75331
55.35	12.65	1973	4693	7959.8	13013	25599	31599	68665
60.59	15.69	1684	4040	6866.5	11266	22266	27599	60265
63.87	18.03	1480	3560	6079.8	10013	19866	24666	54132
65.07	19.01	1403	3387	5786.5	9533.1	18933	23466	51732
67.64	21.33	1245	3013	5173.2	8546.5	17066	22533	46799
70.9	24.85	1040	2547	4373.2	7266.5	14533	18133	40399
73.82	28.77	864.0	2120	3679.9	6133.2	12386	15466	34532
75.26	31.04	781.3	1933	3346.6	5600.0	11360	14133	31866
77.81	35.77	621.3	1547	2706.6	4533.2	9253.1	11573	26266
80.14	41.18	514.7	1293	2266.6	3826.6	7866.5	9853.1	22666
84.88	57.27	302.7	773.3	1386.6	2373.3	4973.2	6266.5	14666
87.99	74.73	198.7	520.0	946.6	1626.6	3479.9	4399.9	10506

表 3.6.8 氢氰酸的蒸气压

温度/℃	−10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
p/kPa	21.27	34.54	53.92	81.29	118.8	169.0	234.5	335.7	456.3	607.4
温度/℃	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
p/kPa	793.9	1020	1292	1615	1996	2442	2960	3556	4259	5065

注：以蒸气压为变量者，见表 3.6.9。

表 3.6.9 其他无机酸的蒸气压

分子式	名 称	相应于下述蒸气压(kPa)的温度/℃ 0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
HCN	氢氰酸	−75	−69	−63	−57	−53	−44	−35	−27	−23	−13	3.3	16.7	25.9	−13.2
HN_3	叠氮酸					−50	−37	−26	−17	−12	−5				
HNO_3	硝酸					−10	2	15	24	30	42				
HSO_3Cl	氯磺酸	29.0	36.9	46.1	54.1	59.4	70.1	81.9	92.2	99.1	112.9	128.9	142.2	151.0	−80
H_3BO_3	硼酸	111	120	130	138	150	180								

氢氰酸蒸气压/kPa	200	400	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	t_c/℃	p_c/MPa
相应的温度/℃	45.8	68.1	88.4	102.2	121.0	134.4	144.7	153.2	161.7	169.2	182.7	183.5	5.06

3.7 比 热 容

p=101.3kPa 时无机酸的定压摩尔焓计算式是：

$$c_p = A + 0.001BT + 10^5 C/T^2 + 10^{-6} DT^2 \quad J/(mol \cdot K)$$

式中，T 为温度，K，A、B、C、D 的值见表 3.9.1“无机酸的定压摩尔焓”。

表 3.7.1　盐酸水溶液的比热容　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	浓度(质量分数)/%							
	5	10	15	20	25	30	35	40
0	3.8291	3.3917	3.0738	2.8834	2.6519	2.5183	2.4062	2.3196
20	3.7834	3.5094	3.2273	2.9604	2.7067	2.6102	2.4327	2.4399
40	3.5585	3.2691	2.9906	2.8590	2.6276	2.5403	2.3550	2.0346
60	3.6949	3.5583	3.3687	3.0868	2.8708	2.7585	2.6726	2.6134

表 3.7.2　硫酸和发烟硫酸水溶液的比热容（20℃）　　单位：kJ/(kg·℃)

类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
硫酸	4.145	4.103	4.061	4.024	3.982	3.944	3.902	3.864	3.827	3.789
发烟硫酸	4.4153	1.4156	1.4158	1.4160	1.4162	1.4164	1.4166	1.4168	1.4170	1.4172
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
硫酸	3.751	3.714	3.676	3.638	3.605	3.567	3.534	3.496	3.462	3.429
发烟硫酸	1.4174	1.4177	1.4180	1.4185	1.4189	1.4193	1.4197	1.4202	1.4207	1.4214
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
硫酸	3.395	3.360	3.326	3.295	3.262	3.228	3.195	3.165	3.132	3.102
发烟硫酸	1.4221	1.4231	1.4244	1.4256	1.4269	1.4285	1.4302	1.4319	1.4340	1.4365
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
硫酸	3.069	3.040	3.010	2.979	2.948	2.918	2.889	2.8600	2.834	2.805
发烟硫酸	1.4393	1.4424	1.4457	1.4495	1.4537	1.4578	1.4625	1.4679	1.4737	1.4800
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
硫酸	2.7760	2.7470	2.7210	2.6920	2.6670	2.6380	2.6130	2.5830	2.5580	2.5330
发烟硫酸	1.4869	1.4943	1.5023	1.5110	1.5202	1.5299	1.5403	1.5516	1.5634	1.5759
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
硫酸	2.5080	2.4790	2.4530	2.4280	2.4030	2.3780	2.3530	2.3320	2.3070	2.2820
发烟硫酸	1.5892	1.6035	1.6188	1.6345	1.6509	1.6684	1.6816	1.6944	1.7182	17467
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
硫酸	2.2570	2.2360	2.2110	2.1860	2.1650	2.1390	2.1190	2.0950	2.0720	2.0490
发烟硫酸	1.7698	1.7911	1.8144	1.8388	1.8640	1.8895	1.9161	1.9431	1.9686	1.9954
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
硫酸	2.0270	2.0040	1.9820	1.9600	1.9380	1.9160	1.8950	1.8730	1.8510	1.8300
发烟硫酸	2.0273	2.0591	2.0874	2.1185	2.1520	2.1813	2.2118	2.2441	2.2731	2.3111
类　别	SO_3浓度(质量分数)/%									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
硫酸	1.8090	1.7870	1.7660	1.7450	1.7240	1.7030	1.6820	1.6610	1.6400	1.6200
发烟硫酸	2.3713	2.4158	2.4225	2.4325	2.4618	2.4911	2.5189	2.5456	2.5715	2.5958

续表

类别	SO₃浓度(质量分数)/%									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
硫酸	1.5990	1.5790	1.5580	1.5370	1.5170	1.4970	1.4760	1.4560	1.4360	1.4150
发烟硫酸	2.6167	2.6377	2.6599	2.6754	2.6837	2.6921	2.6973	2.6963	2.6942	2.6963

表 3.7.3 硼酸的比热容 单位：J/(mol·K)

温度/K	20	40	60	80	100	150	200	250	298.2
c_p	3.43	13.56	23.43	30.46	35.92	47.78	58.74	70.12	81.34

表 3.7.4 磷酸水溶液的比热容 单位：kJ/(kg·℃)

浓度(质量分数)/%		温度/℃					
H_3PO_4	P_2O_5	15	25	40	60	70	80
0	0.00	4.1885	4.1826	4.1814	4.1910	4.1922	4.1994
5	3.62	4.0093	4.0156	4.0248	4.0352	4.0419	4.0470
10	7.24	3.8401	3.8552	3.8732	3.8862	3.9063	3.9134
15	10.86	3.6819	3.7007	3.7242	3.7455	3.7597	3.7752
20	14.49	3.5228	3.5441	3.5730	3.6099	3.6224	3.6170
25	18.11	3.3670	3.3938	3.4265	3.4696	3.4763	3.4738
30	21.73	3.2150	3.2418	3.2795	3.3264	3.3310	3.3360
35	25.35	3.0656	3.0928	3.1313	3.1824	3.1916	3.2063
40	28.97	2.9186	2.9458	2.9869	3.0379	3.0539	3.0739
45	32.59	2.7725	2.8006	2.8483	2.8935	2.9178	2.9341
50	36.22	2.6297	2.6599	2.7118	2.7549	2.7838	2.7943
55	39.84	2.4920	2.5246	2.5745	2.6268	2.6519	2.6586
60	43.46	2.3609	2.3969	2.4443	2.4995	2.5209	2.5297
65	47.08	2.2445	2.2772	2.3216	2.3752	2.4041	2.4053
70	50.70	2.1336	2.1629	2.2039	2.2546	2.3195	2.2919
75	54.32	2.0281	2.0767	2.0926	2.1411	2.1654	2.1780
80	57.94	1.9284	1.9519	1.9871	2.0352	2.0595	2.0687
85	61.57	1.8338	1.8564	1.8887	1.9318	1.9536	1.9644
90	65.19	1.7476	1.7702	1.7978	1.8376	1.8543	1.8648
95	68.81	1.6722	1.6936	1.7149	1.7530	1.7635	1.7698
100	72.43	1.6073	1.6238	1.6404	1.6781	1.6802	1.6789

表 3.7.5 磷酸水溶液的平均比热容 单位：kJ/(kg·℃)

H_3PO_4(质量分数)/%	温度范围/℃	c_{pm}	H_3PO_4(质量分数)/%	温度范围/℃	c_{pm}
5	20～100	4.0738	50	20～100	2.7424
10	20～100	3.9314	55	20～100	2.6168
15	20～100	3.7849	60	20～100	2.4870
20	20～100	3.6425	65	20～118	2.4744
25	20～100	3.5002	70	20～120	2.3781
30	20～100	3.3411	75	20～130	2.2692
35	20～100	3.1778	80	20～140	2.1688
40	20～100	3.0271	85	21～150	2.0641
45	20～100	2.8805	90	22～150	1.9929

表 3.7.6 氢氰酸的比热容

(1) 气体 单位：J/(mol·K)

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
c_p	32.15	34.20	36.08	37.78	39.34	40.75	42.04	43.21	44.30

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	45.30	46.22	47.10	47.90	48.69	49.49	50.24	51.04

（2）液体 单位：J/(mol·℃)

温度/℃	－10	0	10	20	30	40	50	60
c_p	70.25	70.46	70.67	70.92	71.51	72.18	73.56	75.24

3.8 热导率

表 3.8.1 硫酸的热导率 单位：W/(m·℃)

浓度/%	温度/℃					
	0	20	40	60	80	100
0	0.551	0.598	0.633	0.659	0.674	0.682
25	0.490	0.531	0.562	0.587	0.609	0.624
50	0.436	0.468	0.493	0.512	0.529	0.538
75	0.381	0.400	0.420	0.438	0.453	0.461
96	0.317	0.325	0.332	0.339	0.346	0.352

表 3.8.2 硝酸的热导率 单位：W/(m·K)

浓度/%	温度/℃					
	0	20	40	60	80	100
0	0.551	0.598	0.633	0.659	0.674	0.682
25	0.515	0.533	0.556	0.575	0.587	0.592
50	0.443	0.458	0.468	0.479	0.483	0.486
75	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360
96	0.265	0.260	0.256	0.251	0.248	0.243

表 3.8.3 盐酸的热导率 单位：W/(m·K)

浓度/%	温度/℃				
	0	10	20	30	35
10	0.574	0.535	0.488	0.442	0.418
30	0.617	0.575	0.517	0.465	0.439
50	0.647	0.610	0.547	0.489	0.460
70	0.636	0.639	0.569		
90	0.680	0.651	0.593		

表 3.8.4 铬酸、磷酸的热导率（20℃） 单位：W/(m·℃)

类 别	浓度/%					
	0	10	20	30	40	50
铬酸	0.598	0.581	0.561	0.540	0.529	0.488
磷酸	0.598	0.579	0.557	0.532	0.509	0.486

表 3.8.5 氢氰酸的热导率 单位：mW/(m·℃)

（1）气体

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	11.76	14.24	16.83	19.47	22.19	24.91	27.51	30.10	32.62	35.13	37.56	39.98	42.29	44.80	47.31

（2）液体

温度/K	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
c_p	22.99	21.65	20.26	18.80	17.25	15.62	13.86	11.89	9.546	6.280

表 3.8.6 氯酸水溶液的热导率（20℃） 单位：W/(m·℃)

名 称	溶质溶液/%					
	0	10	20	30	40	50
$NaClO_3$	0.599	0.585	0.568	0.550	0.529	
$NaClO_4$	0.599	0.582	0.566	0.546	0.523	0.497

3.9 比　　焓

p=101.3kPa 时无机酸的定压摩尔焓的计算式是：

$$h=h_0+0.001AT+5\times10^{-7}BT^2-100C/T+0.333\times10^{-9}DT^3 \quad kJ/mol$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 及 h_0 值见表 3.9.1。

表 3.9.1　无机酸的定压摩尔焓计算系数

名　称	形态	适用温度/K	A	B	C	D	h_0/(kJ/mol)	s_0/[J/(mol·K)]
H_2SO_4	液	298～553	157.0	28.32	−23.48	0	−870.4	−759.1
H_2SO_4	气	298～2000	94.83	52.60	−26.08	−12.97	−780.3	−280.7
HNO_3	气	298～2000	91.89	6.289	−94.87	17.62	−194.0	−313.0
H_3PO_4	固	298～316	106.8	0	0	0	−1312	−497.6
H_3PO_4	液	316～1200	201.0	0	0	0	−1328	−999.0

表 3.9.2　无机酸的理想气体的比焓（25℃）　　单位：kJ/mol

项　目	盐酸	硫酸	硝酸	亚硝酸	磷酸	正磷酸	次磷酸	硼酸
标准生成焓	−92.31	−735.2	−134.3	−79.5	−1195	—	—	−992.3
标准燃烧焓	−28.6	19.6	13.4	−41.4	—	−296.6	−665.6	—
项　目	高氯酸	次氯酸	氯磺酸	氨基磺酸	硫化氢	氟化氢	溴化氢	碘化氢
标准生成焓	−129.3	−78.7	−603	—	−20.63	−273.3	−36.29	26.5
标准燃烧焓	0.24	−200	306	15.3	−518	152.4	−69.04	−116.2

3.10 比　　熵

无机酸的定压摩尔比熵计算式是：

$$s=s_0+A\times\ln T+0.001BT-50000CT^{-2}+0.5\times10^{-6}DT^2 \quad J/(mol\cdot K)$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 和 s_0 的数值见表 3.9.1。

表 3.10.1　25℃时无机酸的绝对熵　　单位：kJ/(℃·kmol)

物料名	盐酸	硫酸	硝酸	亚硝酸	硼酸	氯磺酸
绝对熵	186.8	298.7	266.4	254.0	295.1	308
物料名	高氯酸	次氯酸	硫化氢	氟化氢	溴化氢	碘化氢
绝对熵	181.9	236.6	205.6	173.7	198.6	206.5

3.11 汽化热、熔融热和稀释热

表 3.11.1　氢氰酸的汽化热　　单位：kJ/mol

温度/℃	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
ΔH	26.70	25.57	24.35	23.02	21.55	19.88	17.95	15.58	12.38	6.142

表 3.11.2　无机酸的熔融热和汽化热　　单位：kJ/mol

项　目	HBr	HCl	HCN	HF	HI	HNO_3	H_2PO_2	H_3PO_3	H_3PO_4	$H_4P_2O_7$	H_2SO_4
熔融热	2.407	2.114	0.167	4.580	2.872	2.512	9.672	12.85	10.55	34.75	9.881
汽化热	17.63	16.16	25.23	7.536	19.78						

表 3.11.3　无机酸的熔化热　　单位：kJ/kmol

物料名	盐酸	硫酸	硝酸	磷酸	正磷酸	次磷酸
熔化热	2000	10710	10470	13000	12800	9670
物料名	高氯酸	硫化氢	氟化氢	溴化氢	碘化氢	氢氰酸
熔化热	6933	2376	4580	2406	2872	8405.7

表 3.11.4　氯化氢在水中的溶解热[①]　　单位：kJ/kg

浓度	温度/℃		浓度	温度/℃		浓度	温度/℃	
(质量分数)/%	42	62	(质量分数)/%	42	62	(质量分数)/%	42	62
2		42.71	14	273.8	278.4	26	470.2	474.8
4		83.32	16	308.6	314.4	28	497.0	504.5
6	122.7	124.3	18	342.1	349.2	30	522.9	531.3
8	162.9	165.4	20	375.6	383.9	32	547.2	553.1
10	201.0	203.5	22	407.8	416.6	34	569.0	576.9
12	238.2	240.7	24	440.0	447.6	36	588.7	

① 15℃时，氯化氢在无限多的水中溶解，其溶解热为 2000J/g。

表 3.11.5　盐酸溶液的无限稀释热　　单位：kJ/mol

水/HCl(摩尔比)	3	5	10	12	15	20	25	50	100	200	400	1000
ΔH	18.71	11.56	6.113	5.234	4.396	3.559	3.056	1.813	1.436	1.042	0.758	0.377

表 3.11.6　氢溴酸的稀释热（25℃）

水/mol	HBr/mol	稀释热/(J/mol)	水/mol	HBr/mol	稀释热/(J/mol)	水/mol	HBr/mol	稀释热/(J/mol)
500000	0.00011	5	800	0.0694	102	30	1.8502	455
100000	0.000555	9	700	0.0793	108	25	2.2202	510
50000	0.00111	13	600	0.0925	115	20	2.7753	590
20000	0.00278	22	500	0.1110	124	15	3.7004	743
10000	0.00555	31	400	0.1388	135	10	5.5506	1097
7000	0.00793	37	300	0.1850	150	7.5	7.4008	1497
5000	0.01110	44	200	0.2775	176	5.0	11.1012	2344
4000	0.01388	49	100	0.5551	235	4.0	13.8765	3089
3000	0.01850	56	75	0.7401	270	3.0	18.5020	4370
2000	0.02775	68	50	1.1101	331	2.0	27.7530	6650
1000	0.05551	92	40	1.3877	379	1.0	55.5060	11670
900	0.0617	97						

表 3.11.7　正磷酸溶液的生成热

H_3PO_4浓度			$\phi_h-\phi_h^0$	生成热 $\Delta H^0_{298.16}$
(质量分数)/%	/(mol/kg)	/%	/(J/mol)	/(kJ/mol)
5	0.53704	0.009583	950.4	−1295
10	1.1337	0.02002	1431.9	−1294
15	1.8006	0.03142	1867.3	−1294
20	2.5509	0.04394	2302.7	−1293
25	3.4012	0.05774	2763.3	−1293
30	4.373	0.07303	3257.3	−1292
35	5.4943	0.09007	3805.8	−1292
45	8.3484	0.1307	5987.1	−1290
50	10.204	0.1553	6950.1	−1289
55	12.471	0.1835	7913.1	−1288
60	15.306	0.2161	9001.6	−1287
65	18.95	0.2545	10132	−1285
70	23.809	0.3002	11430	−1284
75	30.611	0.3555	12812	−1283
80	48.815	0.4237	14403	−1281
85	57.821	0.5102	16245	−1279
90	91.833	0.6233	18464	−1277
95	193.87	0.7774	21143	−1274
98	499.98	0.9001	23069	−1272

注：1. ϕh 是将不含水的 H_3PO_4（液）溶于指定量的水中所放出的热量。

2. ϕ_h^0 是将不含水的 H_3PO_4（液）溶于无限量水中所放出的热量。

3. 在 25℃时：固体正磷酸的生成热 $\Delta H_f^0=-1282$kJ/mol；液体正磷酸的生成热 $\Delta H_f^0=-1271$kJ/mol；无限稀释的正磷酸的生成热 $\Delta H_f^0=-1296$kJ/mol；正磷酸的熔化热 H_3PO_4（固）$\longrightarrow H_3PO_4$（液），$\Delta H^0=11.01$kJ/mol；正磷酸无限稀释热 $\phi_h^0=-1271-(-1296)=25$kJ/mol。

3.12 冰点、沸点和结晶温度

表 3.12.1 亚硫酸水溶液的冰点

$SO_2/(SO_2+H_2O)$(摩尔比)	0	0.8		2.8	3	5	7	9	11	95.1
冰点/℃	0	−0.2	−3①	−0.2	1.7	5.2	9.6	10.6	12.1	12.2
固相	冰		冰+SO_2水合物	SO_2水合物						

① 低共熔点。

表 3.12.2 氢氰酸水溶液的冰点 单位：℃

浓度(质量分数)/%	0	1	2	3	5	7	10	15	20	25
t_i	0	−1.1	−2.4	−3.4	−4.6	−6.6	−9.9	−12.9	−15.1	−15.5
浓度(质量分数)/%	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
t_i	−15.7	−16.2	−15.9	−15.9	−16.3	−17.4	−20.9	−22.4	−18.8	−13.3

表 3.12.3 硫酸的沸点及饱和蒸气组成（101.3kPa）

硫酸浓度/%	沸点/℃	饱和蒸气组成	硫酸浓度/%	沸点/℃	饱和蒸气组成	硫酸浓度/%	沸点/℃	饱和蒸气组成
1	100.2		36	111.1		71	165.3	
2	100.4		37	111.7		72	168.6	
3	100.6		38	112.4		73	171.9	
4	100.8		39	113.1		74	175.4	
5	101.0		40	113.9		75	179.0	水
6	101.2		41	114.7		76	182.7	
7	101.4		42	115.6		77	186.2	
8	101.6		43	116.5		78	190.1	
9	101.8		44	117.4		79	194.1	
10	102.0		45	118.4		80	200.2	
11	102.2		46	119.5		81	205.2	0.003
12	102.4		47	120.6		82	210.4	0.01
13	102.7		48	121.8		83	215.7	0.02
14	102.9		49	123.1		84	221.3	0.06
15	103.1		50	124.4		84.5	224.2	0.09
16	103.4	水	51	125.8	水	85	227.1	0.14
17	103.6		52	127.2		86	233.0	0.25
18	103.8		53	128.7		87	239.0	0.45
19	104.1		54	130.4		88	245.5	1.10
20	104.4		55	132.0		89	255.1	2.10
21	104.6		56	133.8		90	258.9	3.60
22	104.9		57	135.7		91	266.9	7.20
23	105.2		58	137.6		92	274.7	12.70
24	105.5		59	139.6		93	282.6	17.40
25	105.9		60	141.8		94	291.4	28.00
26	106.3		61	144.0		95	301.3	40.80
27	106.6		62	146.1		96	311.5	58.80
28	107.0		63	148.2		97	322.0	72.20
29	107.4		64	150.4		98	332.4	85.00
30	107.9		65	152.1		98.3	336.6(327)	98.30
31	108.3		66	153.8		99	323.0	
32	108.8		67	155.7		100	304.3	32.5%游离 SO_3
33	109.1		68	157.5				+67%H_2SO_4，
34	109.9		69	159.8				66.2%游离 SO_3
35	110.5		70	162.2				+33.8%H_2SO_4

表 3.12.4　磷酸水溶液的凝固点　　单位：℃

H_3PO_4浓度/%	凝固点	固　相	H_3PO_4浓度/%	凝固点	固　相
5	−0.8	冰	65	−70.5	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
10	−2.1	冰	70	−43.0	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
15	−3.8	冰	75	−17.5	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
20	−6.0	冰	80	4.6	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
25	−8.6	冰	85	21.1	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
30	−11.8	冰	90	28.8	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
35	−15.9	冰	91.6	29.3	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
40	−21.9	冰	92.5	28.6	$2H_3PO_4 \cdot H_2O$
45	−30.0	冰	94.8	23.5	$2H_3PO_4 \cdot H_2O + H_3PO_4$
50	−41.9	冰	95	24.7	H_3PO_4
55	−58.6	冰	97.5	34.3	H_3PO_4
60	−76.1	冰	100	42.4	H_3PO_4
62.5	−85.0	冰＋$2H_3PO_4 \cdot H_2O$			

表 3.12.5　磷酸水溶液的沸点　　单位：℃

H_3PO_4	0	5	10	20	30	50	75	85	100	115
P_2O_5	0	3.62	7.24	14.49	21.73	36.22	54.32	61.57	72.43	83.29
t_b	100	100.1	100.2	100.8	101.8	108	135	158	261	

表 3.12.6　发烟硫酸的沸点及饱和蒸气组成（101.3kPa）

浓度(游离SO_3)/%	沸点/℃	饱和蒸气组成	浓度(游离SO_3)/%	沸点/℃	饱和蒸气组成	浓度(游离SO_3)/%	沸点/℃	饱和蒸气组成
1	297.3	71.6	35	158.9	99.985	68	64.8	三氧化硫(SO_3)
2	294.7	74.7	36	154.2	99.990	69	63.0	
3	290.3	78.9	37	149.7	99.995	70	61.9	
4	285.6	82.2	38	145.2	99.997	71	60.6	
5	282.1	84.6	39	142.2	99.999	72	59.9	
6	277.8	86.1	40	139.3	三氧化硫(SO_3)	73	59.3	
7	270.8	89.2	41	136.4		74	58.6	
8	269.0	91.0	42	132.3		75	58.0	
9	267.3	92.5	43	128.4		76	57.4	
10	260.9	93.5	44	124.4		77	56.8	
11	256.7	94.2	45	120.5		78	56.2	
12	252.6	94.8	46	117.7		79	55.6	
13	248.8	95.2	47	115.0		80	55.0	
14	245.1	96.2	48	112.3		81	54.5	
15	240.2	96.8	49	109.7		82	53.9	
16	235.3	97.5	50	107.6		83	53.4	
17	231.1	97.7	51	104.2		84	52.8	
18	226.1	97.85	52	101.3		85	52.3	
19	221.3	98.3	53	98.0		86	51.8	
20	216.6	98.7	54	95.7		87	51.3	
21	212.1	99.1	55	92.9		88	50.7	
22	207.7	99.2	56	90.2		89	50.2	
23	203.5	99.4	57	87.5		90	49.7	
24	199.4	99.53	58	84.9		91	49.2	
25	195.5	99.64	59	82.3		92	48.7	
26	191.7	99.75	60	79.8		93	48.2	
27	188.0	99.94	61	78.0		94	47.7	
28	184.4	99.87	62	75.9		95	47.2	
29	181.0	99.89	63	73.9		96	46.7	
30	177.7	99.91	64	72.0		97	46.2	
31	174.5	99.93	65	70.2		98	45.7	
32	171.5	99.95	66	68.4		99	45.2	
33	168.5	99.97	67	66.6		100	44.7	
34	163.6	99.98						

表 3.12.7 氢氟酸的沸点 单位：℃

浓度(质量分数)/%	0.1	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	3	5	10	15	20	25	35	40	100
t_b	100.1	100.2	100.3	100.5	100.7	101.0	101.6	102.5	108.8	113.8	115.2	113.2	63.8	44.0	19.5

表 3.12.8 氢溴酸的沸点 单位：℃

浓度(质量分数)/%	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
t_b	100.7	103.5	103.5	102.5	103.3	106.5	112.1	119.0	124.7	120.8	34.1	22.0

表 3.12.9 高氯酸的沸点

(1) 常压时 单位：℃

浓度(质量分数)/%	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72.4
t_b	106.7	110.2	112.4	115.0	120.1	130.7	144.0	157.7	180.2	198.5	203.0

(2) 2.4kPa 时 单位：℃

浓度(质量分数)/%	70	75	80	85	90	95	100
t_b	106.3	105.0	91.3	69.0	44.1	24.2	16.0

表 3.12.10 无机酸和水二元共沸物的共沸点

酸名及浓度(质量分数)/%	含水量(质量分数)/%	共沸点/℃	酸名及浓度(质量分数)/%	含水量(质量分数)/%	共沸点/℃
盐酸 20.2	79.8	110	氢氟酸 37	63.0	120
硝酸 68.0	32.0	120.5	氢碘酸 57	43.0	127
高氯酸 71.6	28.4	203	氢溴酸 47.5	52.5	126

表 3.12.11 硝酸、硝酸镁、水三元共沸物的共沸点

溶液组成(质量分数)/%		沸点/℃	溶液组成(质量分数)/%		沸点/℃	溶液组成(质量分数)/%		沸点/℃	溶液组成(质量分数)/%		沸点/℃
硝酸	硝酸镁		硝酸	硝酸镁		硝酸	硝酸镁		硝酸	硝酸镁	
0.9	60.26	148.5	12.0	42.9	127	24.7	27.6	120.5	30.7	14.5	115
2.3	60.6	147	19.1	39.4	126	13.7	58.1	120.5	21.5	22.9	115
3.6	60.2	146.5	4.2	46.3	126	49.9	11.3	120.5	38.2	9.1	115
5.4	63.4	145	29.1	31.7	125	32.8	21.7	120.5	13.4	60.5	114
5.4	60.3	143	11.2	41.2	125	11.7	27.4	120.0	27.1	14.1	113
5.8	59.8	142	18.5	37.0	125	6.5	39.9	120.0	34.4	7.8	113
6.4	65.1	140	31.2	33.4	125	37.4	17.7	120.0	19.0	20.7	113
11.0	54.7	136.5	28.5	31.2	124	23.8	26.8	119.5	35.7	38.5	112
7.2	66.4	136	28.2	31.6	124	46.8	11.4	119.5	17.9	20.1	112
9.3	53.0	135	2.1	45.6	123	55.9	12.6	119.0	24.9	46.2	112
8.8	52.2	135	27.7	31.0	123	34.8	16.9	119.0	26.1	12.5	111.5
6.7	52.2	134	41.7	22.6	123	24.7	26.3	119.0	36.1	40.8	110
14.3	48.6	132	28.2	30.3	123	34.2	18.5	118.5	27.9	6.4	110
16.9	47.7	131.0	37.0	22.5	123	12.6	34.3	118.0	38.4	37.7	109.5
13.4	45.6	130.5	26.7	29.9	122.5	32.1	36.6	118.0	17.6	61.5	109
8.2	67.3	130	42.6	19.8	122.5	41.9	9.8	117.5	20.6	9.8	108
6.1	48.7	130	10.6	39.4	122	34.1	14.5	117.5	15.8	16.8	108
9.2	59.9	129.5	27.2	29.5	122	33.3	36.1	117.5	9.8	19.5	108
15.9	51.4	129	39.0	18.5	121.5	22.9	25.0	117.0	4.7	30.7	107.5
4.8	48.6	128.5	52.3	12.0	121.5	33.6	35.4	117.0	28.1	50.4	106
13.4	44.1	128.5	11.2	60.8	121	5.6	36.4	116.0	22.8	56.3	100.5
15.5	43.0	128	37.5	20.6	121	22.5	24.6	116.0	38.5	42.4	91.5
23.0	43.3	128	10.9	53.1	121	31.0	16.7	116.0	54.7	25.5	91.0
20.3	40.4	128	26.0	27.7	121	48.9	22.7	116.0	67.7	15.7	89.5
7.4	60.1	128	35.8	21.2	121	16.4	54.0	116.0			

表 3.12.12　硫酸的结晶温度及晶相

硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度
硫　酸	SO_3(总)	/℃
1	0.816	−0.3
2	1.633	−0.6
3	2.45	−1.1
4	3.265	−1.5
5	4.08	−2.0
6	4.90	−2.6
7	5.71	−3.1
8	6.53	−3.6
9	7.35	−4.2
10	8.16	−4.7
11	8.98	−5.3
12	9.80	−6.0
13	10.61	−6.7
14	11.43	−7.6
15	12.24	−8.5
16	13.06	−9.4
17	13.88	−10.3
18	14.69	−11.4
19	15.51	−12.5
20	16.33	−13.8
21	17.14	−15.2
22	17.96	−16.8
23	18.78	−18.4
24	19.59	−20.2
25	20.41	−22.0
26	21.22	−24.2
27	22.04	−26.5
28	22.86	−29.0
29	23.69	−31.9
30	24.49	−35.0
31	25.31	−38.0
32	26.12	−41.9
33	26.94	−43.8
34	27.75	−52.1
35	28.57	−57.7
以上晶相为冰		

硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度
硫　酸	SO_3(总)	/℃
35.77	29.20	−61.98
以上晶相为低共熔混合物 $H_2SO_4 \cdot 6H_2O + H_2O$		
36.0	29.39	−63.5
36.5	29.80	−66.6
37.0	30.20	−70.4
以上晶相为 H_2O(介稳定状态)		
37.55	30.65	−73.10
以上晶相为低共熔混合物 $H_2O + H_2SO_4 \cdot 4H_2O$(介稳定状态)		
38.0	31.02	−72.2
38.5	31.43	−70.4
39.0	31.84	−67.8
39.5	32.24	−65.5
40.0	32.65	−63.6
40.5	33.06	−61.4
41.0	33.47	−59.2
41.5	33.88	−57.4
42.0	34.29	−55.6
以上晶相为 $H_2SO_4 \cdot 4H_2O$(介稳定状态)		
42.91	34.62	−53.73
以上晶相为 $H_2SO_4 \cdot 6H_2O \rightarrow H_2SO_4 \cdot 4H_2O$		
36	29.39	−61.6
37	30.20	−59.8
38	31.02	−58.2
39	31.84	−56.9
40	32.65	−55.8
41	33.47	−54.9
42	34.29	−54.1
以上晶相为 $H_2SO_4 \cdot 6H_2O$		
42.41	34.62	−53.73
以上晶相为 $H_2SO_4 \cdot 6H_2O \rightarrow H_2SO_4 \cdot 4H_2O$		

硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度
硫　酸	SO_3(总)	/℃
43	35.10	−52.2
44	35.92	−49.6
45	36.73	−46.7
46	37.55	−44.1
47	38.37	−41.6
48	39.18	−39.3
49	40.00	−37.3
50	40.82	−35.5
51	41.63	−33.9
52	42.45	−32.3
53	43.26	−31.0
54	44.08	−30.0
55	44.90	−29.3
56	45.71	−28.8
57	46.53	−28.3
以上晶相为 H_2SO_4		
57.64	47.05	−28.6
以上晶相为 $H_2SO_4 \cdot 4H_2O$(熔化点)		
64.69	52.81	−36.56
以上晶相为 $H_2SO_4 \cdot 4H_2O \rightarrow H_2SO_4 \cdot 3H_2O$		
65.0	53.06	−38.1
65.5	53.47	−39.4
66.0	53.88	−40.9
66.5	54.29	−42.5
67.0	54.69	−44.2
67.5	55.10	−46.3
以上晶相为 $H_2SO_4 \cdot 4H_2O$(介稳状态)		
67.8	55.35	−47.46
以上晶相为低共熔混合物 $H_2SO_4 \cdot 4H_2O$(介稳状态) $+ H_2SO_4 \cdot 2H_2O$		

续表

硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度/℃
硫　酸	SO_3(总)	
68.0	55.51	−48.4
68.5	55.92	−51.3
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot 4H_2O$(介稳状态)		
65	53.06	−36.7
66	53.88	−37.1
67	54.69	−37.9
68	55.51	−39.1
69	56.33	−41.0
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot 3H_2O$		
69.70	56.90	−42.70
以上晶相为低共熔混合物 $H_2SO_4\cdot 3H_2O+H_2SO_4\cdot 2H_2O$		
70.0	57.14	−43.5
70.5	57.55	−45.0
71.0	57.96	−46.7
71.5	58.37	−48.6
72.0	58.77	−50.8
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot 3H_2O$(介稳状态)		
72.40	59.10	−52.85
以上晶相为低共熔混合物 $H_2SO_4\cdot 3H_2O+H_2SO_4\cdot H_2O$		
68.0	55.51	−46.3
68.5	55.92	−44.6
69.0	56.33	−43.6
69.5	56.73	−42.9
以上晶相为 $H_2SO_4+3H_2O$(介稳状态)		
70	57.14	−42.00
71	57.96	−40.60
72	58.77	−39.90
73	59.59	−39.55
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot 2H_2O$		
73.13	59.70	−39.51
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot 2H_2O$(熔化点)		

硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度/℃
硫　酸	SO_3(总)	
73.5	60.00	−39.70
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot 2H_2O$		
72.5	59.18	−51.5
73.0	59.59	−47.2
73.5	60.00	−42.5
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot 2H_2O$(介稳状态)		
73.68	60.15	−39.87
以上晶相为低共溶混合物 $H_2SO_4\cdot 2H_2O+H_2SO_4\cdot H_2O$		
74.0	60.41	−36.2
74.5	60.82	−33.5
75.0	61.22	−29.5
75.5	61.63	−25.8
76.0	62.04	−22.2
76.5	62.45	−18.9
77.0	62.86	−15.5
77.5	63.26	−12.2
78.0	63.67	−9.5
78.5	64.08	−7.2
79.0	64.49	−5.0
79.5	64.90	−2.5
80.0	65.31	−0.1
80.5	65.71	+1.7
81.0	66.12	+3.3
81.5	66.53	+4.8
82.0	66.94	+5.9
82.5	67.35	+6.8
83.0	67.75	+7.5
83.5	68.16	+8.1
84.0	68.57	+8.45
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot H_2O$		
84.48	68.96	8.56
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot H_2O$(熔化点)		
85.0	69.39	8.0
85.5	69.80	7.3

硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度/℃
硫　酸	SO_3(总)	
86.0	70.20	6.5
86.5	78.61	5.6
87.0	71.02	4.6
87.5	71.43	3.4
88.0	71.84	2.1
88.5	72.24	0.5
89.0	72.65	−1.4
89.5	73.06	−3.2
90.0	73.47	−5.5
90.5	73.88	−8.1
91.0	74.28	−11.5
91.5	74.69	−14.1
92.0	75.10	−17.5
92.5	75.51	−22.0
93.0	75.92	−27.0
93.5	76.33	−31.2
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot H_2O$		
93.77	76.55	−34.86
以上晶相为 $H_2SO_4\cdot H_2O$ 低共熔混合物 $H_2SO_4\cdot H_2O+H_2SO_4$		
94.0	76.73	−31.9
94.5	77.14	−26.5
95.0	77.55	−22.6
95.5	77.96	−16.5
96.0	78.37	−12.6
96.5	78.77	−9.8
97.0	79.18	−7.0
97.5	79.59	−3.7
98.0	80.00	−0.7
98.5	80.41	1.8
99.0	80.82	4.5
99.5	81.22	7.5
以上晶相为 H_2SO_4		
100	81.63	10.37
以上晶相为 H_2SO_4(熔化点)		

表 3.12.13　发烟硫酸的结晶温度及晶相

硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度	硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度	硫酸浓度(质量分数)/%		结晶温度
SO_3(游)	三氧化(总)	/℃	SO_3(游)	三氧化(总)	/℃	SO_3(游)	三氧化(总)	/℃
1	81.82	9.6	36	88.24	30.0	以上晶相为低共熔混合物		
2	82.00	8.7	37	88.43	31.1	$H_2SO_4\cdot2SO_3$＋固态溶液 SO_3		
3	82.18	7.7	38	88.61	32.1	65	93.57	−0.35
4	82.37	6.6	39	88.80	33.1	66	93.75	＋1.45
5	72.55	5.4	40	88.98	33.7	67	93.94	2.30
6	82.73	4.1	41	89.16	34.3	68	94.12	3.70
7	82.92	2.8	42	89.35	34.6	69	94.31	4.90
8	83.10	1.5	43	89.53	34.9	70	94.49	6.10
9	83.28	0	44	89.71	35.0	71	94.67	7.20
10	83.47	−1.5	以上晶相为 $H_2S_2O_7$			72	94.86	8.20
11	83.65	−2.9	44.79	89.86	35.15	73	95.04	9.50
12	83.84	−4.5	以上晶相为 $H_2S_2O_7$ （熔化点）			74	95.22	10.80
13	84.02	−6.0	45	89.90	35.0	75	95.41	12.00
14	94.20	−7.5	46	90.08	34.9	76	95.59	13.20
15	84.39	−9.3	47	90.26	34.5	77	95.78	14.30
以上晶相为 H_2SO_4			48	90.45	33.8	78	95.96	15.30
15.64	84.5	−10.15	49	90.63	32.8	79	96.14	16.15
以上晶相为低共熔混合物			50	90.82	31.7	80	96.31	16.90
H_2SO_4＋$H_2S_2O_7$			51	91.00	30.3	81	96.51	17.50
16	84.57	−9.0	52	91.18	28.8	82	96.69	18.10
17	84.75	−5.8	53	91.37	26.9	83	96.88	18.50
18	84.94	−2.8	54	91.55	24.8	84	97.06	18.80
19	85.12	−0.1	55	91.73	22.6	85	97.24	19.05
20	85.31	＋2.5	56	91.92	19.9	86	97.43	19.25
21	85.49	5.0	57	92.10	17.2	87	97.61	19.35
22	85.67	7.4	58	92.29	14.1	88	97.80	19.40
23	85.86	9.8	59	92.47	10.8	89	97.98	19.35
24	86.04	11.9	60	92.65	7.6	90	98.16	19.25
25	86.22	13.7	61	92.84	3.9	91	98.35	19.15
26	86.41	15.5	以上晶相为 H_2SO_4			92	98.53	19.00
27	86.59	17.1	61.8	92.98	1.00	93	98.71	18.80
28	86.77	18.7	以上晶相为			94	98.90	18.60
29	86.96	20.3	$H_2S_2O_7$＋$H_2SO_4\cdot2SO_3$			95	99.08	18.35
30	87.14	21.8	62.0	93.02	1.2	96	99.27	18.10
31	87.33	23.3	以上晶相为			97	99.45	17.60
32	87.51	24.7	$H_2S_2O_7$＋$H_2SO_4\cdot2SO_3$(熔化点)			98	99.63	17.50
33	87.69	26.1	63.00	93.20	0.35	99	99.82	17.15
34	87.88	27.5	64.00	93.39	−0.7	以上晶相为固态溶液 SO_3		
35	88.06	28.7	64.35	93.45	−1.1	100	100	16.8
						以上晶相为 SO_3(熔化点)		

3.13　导电率和电导率

表 3.13.1　硫酸的导电率　　单位：$\Omega^{-1}\cdot cm^{-1}$

浓度	温度/℃								
/%	−15	0	15	30	45	60	80	100	120
0.5	0.0152	0.0195	0.0211	0.0243	0.0274	0.0295	0.0319	0.0341	0.0363
2	0.0526	0.0748	0.0819	0.0951	0.1087	0.1182	0.1285	0.1377	0.1470
4	0.1031	0.1453	0.1593	0.1859	0.2127	0.2317	0.2538	0.2717	0.2898
6	0.1512	0.2146	0.2350	0.2730	0.3143	0.3445	0.3776	0.4058	0.2984
8	0.1942	0.2790	0.3070	0.3609	0.4177	0.4600	0.5070	0.5439	0.5813
10	0.2340	0.3403	0.3752	0.4422	0.5144	0.5685	0.6252	0.6698	0.7152
12	0.2700	0.3952	0.4372	0.5193	0.6046	0.6670	0.7368	0.7913	0.8466
14	0.3054	0.4446	0.4919	0.5861	0.6845	0.7570	0.8390	0.9060	0.9738
16	0.3358	0.4885	0.5415	0.6494	0.7612	0.8440	0.9407	1.0148	1.0899
18	0.3575	0.5171	0.5656	0.6984	0.8334	0.9250	1.0342	1.1221	1.2108
20	0.3749	0.5639	0.6231	0.7530	0.8925	0.9980	1.1209	1.2206	1.3170
22	0.3907	0.5902	0.6528	0.7927	0.9438	1.0600	1.1976	1.3078	1.4300
24	0.4036	0.6088	0.6751	0.8229	0.9845	1.1100	1.2616	1.3817	1.4648
26	0.4110	0.6229	0.6910	0.8439	1.0150	1.1525	1.3145	1.4478	1.5651
28	0.4135	0.6300	0.7004	0.8584	1.0381	1.1845	1.3561	1.5013	1.5792
30	0.4109	0.6302	0.7032	0.8658	1.0517	1.2055	1.3888	1.5441	1.6156
32	0.4046	0.6235	0.6996	0.8666	1.0576	1.2180	1.4115	1.5777	1.7347
34	0.3958	0.6115	0.6909	0.8612	1.0551	1.2200	1.4237	1.5990	1.7522
36	0.3846	0.5954	0.6768	0.8492	1.0451	1.2135	1.4252	1.6082	1.7532
38	0.3718	0.5758	0.6587	0.8315	1.0271	1.1975	1.4172	1.6075	1.7599
40	0.3473	0.5371	0.6373	0.8107	1.0026	1.1755	1.4010	1.5980	1.7653
42	0.3439	0.5331	0.6148	0.7823	0.9737	1.1460	1.3754	1.5783	1.7514
44	0.3285	0.5100	0.5899	0.7539	0.9416	1.1120	1.3425	1.5507	1.7272
46	0.3125	0.4858	0.5636	0.7224	0.9064	1.0755	1.3035	1.5144	1.6935
48	0.2964	0.4603	0.5357	0.6897	0.8689	1.0350	1.2605	1.4735	1.6492
50	0.2795	0.4357	0.5079	0.6554	0.8293	0.9920	1.2129	1.4256	1.5993
52	0.2613	0.4088	0.4775	0.6189	0.7866	0.9445	1.1593	1.3711	1.5468
54	0.2435	0.3818	0.4472	0.5824	0.7426	0.8940	1.1023	1.3111	1.4904
56	0.2251	0.3543	0.4149	0.5431	0.6953	0.8395	1.0409	1.2461	1.4306
58	0.2057	0.3256	0.3831	0.5034	0.6469	0.7850	0.9801	1.1788	1.3659
60	0.1863	0.2968	0.3504	0.4633	0.5986	0.7300	0.9178	1.1106	1.3015
62	0.1671	0.2677	0.3181	0.4233	0.5504	0.6760	0.8571	1.0428	1.2349
64	0.1485	0.2398	0.2868	0.3844	0.5032	0.6230	0.7988	0.9774	1.1671
66	0.1303	0.2121	0.2559	0.3475	0.4584	0.5715	0.7421	0.9172	1.0978
68	0.1129	0.1855	0.2271	0.3122	0.4167	0.5250	0.6887	0.8605	1.0294
70	0.0972	0.1604	0.1992	0.2790	0.3775	0.4810	0.6388	0.8052	0.9702
72	0.0821	0.1370	0.1734	0.2480	0.3411	0.4400	0.5914	0.7540	0.9160
74	0.0679	0.1165	0.1500	0.2194	0.3074	0.4020	0.5465	0.7065	0.8679
76	0.0557	0.0984	0.1292	0.1926	0.2752	0.3665	0.5065	0.6634	0.8255
78	0.0455	0.0823	0.1113	0.1704	0.2490	0.3370	0.4719	0.6263	0.7857
80	0.0388	0.0710	0.0984	0.1539	0.2291	0.3150	0.4464	0.5966	0.7534
82	0.0350	0.0668	0.0915	0.1440	0.2175	0.3025	0.4309	0.5758	0.7259
84	0.0339	0.0660	0.0901	0.1411	0.2122	0.2945	0.4202	0.5599	0.7034
86	0.0346	0.0679	0.0916	0.1423	0.2115	0.2910	0.4133	0.5460	0.6864
88	0.0372	0.0709	0.0948	0.1459	0.2131	0.2880	0.4052	0.5348	0.6659
90	0.0409	0.0757	0.0991	0.1498	0.2118	0.2800	0.3948	0.5199	0.6443
92	0.0438	0.0796	0.1022	0.1496	0.2112	0.2790	0.3829	0.4942	0.6065
94	0.0439	0.0769	0.0978	0.1420	0.1985	0.2595	0.3531	0.4546	0.5542
96	0.0381	0.0666	0.0849	0.1223	0.1693	0.2200	0.2984	0.3833	0.4731
98	0.0250	0.0427	0.0548	0.0786	0.1087	0.1415	0.1918	0.2445	0.3039

表 3.13.2　发烟硫酸的导电率

游离三氧化硫/%	导电率/$\Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$	游离三氧化硫/%	导电率/$\Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$	游离三氧化硫/%	导电率/$\Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$
1	0.0200	8	0.0284	36	0.0082
2	0.0221	9	0.0288	40	0.0039
3	0.0240	10	0.0272	45	0.0018
4	0.0255	15	0.0285	50	0.0008
5	0.0269	20	0.0210	80	0.00015
6	0.0276	25	0.0138	90	0.00005
7	0.0280	30	0.0113	100	0.00001

表 3.13.3　磷酸水溶液的电导率

浓度（质量分数）/%	H_3PO_4	2	5	10	20	30	40	50
	P_2O_5	1.450	3.624	7.246	14.48	21.74	28.99	36.23
比电导/(Ω/cm)	25℃	0.0164	0.0326	0.0625	0.1240	0.1722	0.2001	0.2069
	35℃	0.0178	0.0357	0.0680	0.1338	0.1906	0.2248	0.2291
	42℃	0.0185	0.0373	0.0707	0.1379	0.1966	0.2338	0.2418
	50℃	0.0196	0.0402	0.0734	0.1365	0.2021	0.2493	0.2568
	75℃	0.0203	0.0410	0.0769	0.1505	0.2217	0.2791	0.3113
摩尔电导/(Ω·cm^2/mol H_3PO_4)	25℃	86.89	72.23	58.19	52.08	48.10	39.08	30.12
	35℃	94.22	78.55	63.49	56.88	53.32	44.11	33.67
	42℃	97.67	81.77	66.30	58.96	55.14	46.01	35.67
	50℃	101.8	85.57	69.04	59.51	56.59	49.24	38.25
	75℃	107.9	90.36	73.23	65.58	63.21	55.78	46.59
浓度（质量分数）/%	H_3PO_4	60	70	80	85	90	95	100
	P_2O_5	43.47	50.72	57.97	61.60	65.22	65.84	72.47
比电导/(Ω/cm)	25℃	0.1869	0.1478	0.1049	0.0854	0.0695	0.0569	0.0443
	35℃	0.2138	0.1793	0.1309	0.1096	0.0925	0.0783	0.0631
	42℃	0.2304	0.1988	0.1497	0.1267	0.1095	0.0958	0.0765
	50℃	0.2486	0.2235	0.1737	0.1487	0.1310	0.1167	0.0912
	75℃	0.3108	0.2866	0.2420	0.2136	0.1976	0.1868	0.1474
摩尔电导/(Ω·cm^2/mol H_3PO_4)	25℃	21.46	13.62	7.909	5.848	4.332	3.235	2.283
	35℃	24.55	16.63	9.930	7.543	5.791	4.474	3.290
	42℃	26.57	18.49	11.39	8.754	6.877	5.494	3.999
	50℃	28.69	20.84	13.26	10.31	8.247	6.719	4.749
	75℃	36.55	26.98	18.68	15.02	12.59	10.88	7.715

表 3.13.4　磷酸和硫酸的混合水溶液的电导率

浓度（质量分数）/%		比电导/(Ω/cm)		浓度（质量分数）/%		比电导/(Ω/cm)	
P_2O_5	H_2SO_4	20℃	80℃	P_2O_5	H_2SO_4	20℃	80℃
26	0	0.197	0.317	32	3	0.254	0.466
28	0	0.205	0.338		4	0.263	0.498
	1	0.223	0.374	34	0	0.215	0.389
	2	0.242	0.413		1	0.227	0.417
	3	0.259	0.450		2	0.238	0.443
	4	0.274	0.482		3	0.248	0.469
30	0	0.210	0.358		4	0.257	0.493
	1	0.226	0.392	38	0	0.210	0.409
	2	0.241	0.423		1	0.218	0.429
	3	0.256	0.459		2	0.223	0.450
	4	0.270	0.493		3	0.228	0.468
32	0	0.214	0.373		4	0.232	0.482
	1	0.229	0.407	43	0	0.191	0.408
	2	0.242	0.438	54	0	0.123	0.350

表 3.13.5　盐酸的电导率

氯化氢浓度/%	12.5	25	38
相对于水的电导率/%	87.0	79.4	72.6

表 3.13.6　高氯酸水溶液导电率　　　单位：$\Omega^{-1}\cdot cm^{-1}$

温度/℃	浓度(质量分数)/%						
	10	20	30	40	50	60	70
50	2.207	1.272	1.028	1.001	1.151	1.540	2.401
40	2.428	1.397	1.132	1.106	1.286	1.725	2.704
30	2.715	1.562	1.262	1.240	1.452	1.961	3.084
20	3.100	1.776	1.436	1.414	1.670	2.275	3.575
10	3.628	2.072	1.665	1.647	1.964	2.705	4.227
0	4.420	2.488	1.992	1.968	2.376	3.320	5.129
−10	—	3.102	2.464	2.436	2.982	4.242	6.418
−20	—	—	3.176	3.133	3.919	5.742	—
−30	—	—	—	4.250	5.505	8.402	11.59
−40	—	—	—	6.21	8.44	13.82	—
−50	—	—	—	10.41	—	27.10	—

3.14　其他物性

表 3.14.1　不同压强下 $HCl+H_2O$ 共沸混合物的组成

压强/kPa	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
盐酸浓度(质量分数)/%	23.05	22.60	22.14	21.80	21.64	21.25	21.01	20.70	20.46	20.30	20.24
压强/kPa	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
盐酸浓度(质量分数)/%	20.20	19.98	19.79	19.65	19.50	19.42	19.36	19.25	19.10	19.02	18.95
压强/kPa	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
盐酸浓度(质量分数)/%	18.87	18.80	18.72	18.65	18.57	18.50	18.42	18.35	18.27	18.20	18.12

表 3.14.2　磷酸溶液水的活度 p/p_0

浓度(质量分数)/%	H_3PO_4	0	5	10	20	30	5	65	80	10
	P_2O_5	0	3.62	7.24	14.49	21.73	36.22	47.08	61.57	73.20
温度/℃	25	1	0.9878	0.9747	0.9428	0.8952	0.7020	0.4487	0.0943	0.0009
	40	1	0.987	0.976	0.944	0.897	0.712	0.459	0.103	0.0012
	60	1	0.991	0.971	0.944	0.904	0.723	0.479	0.104	0.0018
	80	1	0.983	0.972	0.943	0.901	0.738	0.496	0.131	0.0025
	100	1	0.980	0.968	0.938	0.899	0.746	0.511	0.142	0.0034

表 3.14.3　固定湿度

(1) 硫酸水溶液的固定湿度

密度/(g/cm³)	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa	密度/(g/cm³)	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa	密度/(g/cm³)	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa
1.00	100	2.319	1.20	80.5	1.866	1.40	37.1	0.866
1.05	97.5	2.266	1.25	70.4	1.600	1.50	18.8	0.440
1.10	93.9	2.173	1.30	58.3	1.346	1.60	8.5	0.200
1.15	88.8	2.053	1.35	47.2	1.106	1.70	3.2	0.080

（2）无水硫酸水溶液的固定湿度

湿度/%	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55
水蒸气分压/kPa	3.167	3.009	2.850	2.691	2.533	2.375	2.217	2.058	1.900	1.742
硫酸(质量分数)/%	6.00	11.02	17.91	22.88	26.79	30.14	33.09	35.80	38.35	40.75
湿度/%	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
水蒸气分压/kPa	1.584	1.425	1.266	1.108	0.950	0.792	0.633	0.475	0.317	0.159
硫酸(质量分数)/%	43.10	45.41	47.71	50.04	52.45	55.01	57.76	60.80	64.45	69.44

表 3.14.4　临界参数

项　目	盐酸	硫酸	硝酸	磷酸	氟化氢	溴化氢
临界温度/K	324.65	924	520	1030	461.2	363.2
临界压力/kPa	8310	6400	6890	5070	64803	85523
临界体积/(L/mol)	0.081	0.177	0.145	0.34	0.069	0.1
临界压缩因子	0.249	0.147	0.231	0.201	0.117	0.283
项　目	高氯酸	氢氰酸	氯磺酸	氨基磺酸	硫化氢	碘化氢
临界温度/K	631	456.65	700	—	373.5	423.8
临界压力/kPa	3860	5390	8500	—	8963	83103
临界体积/(L/mol)	0.168	0.139	0.195	0.225	0.0985	0.1219
临界压缩因子	0.124	0.197	0.285	—	0.284	0.287

表 3.14.5　偏心因子

物料名	盐酸	硝酸	溴化氢	碘化氢	氢氰酸
偏心因子	0.131544	0.714406	0.073409	0.0380703	0.409913
物料名	高氯酸	氯磺酸	硫化氢	氟化氢	
偏心因子	0.0497601	0.300952	0.0941677	0.382283	

表 3.14.6　三相点参数

项　目	盐酸	硫酸	硝酸	磷酸	正磷酸
三相点温度/K	158.97	283.46	231.55	315.51	347.55
三相点压力/Pa	13522	0.00129	60.768	10	—
项　目	次磷酸	硼酸	高氯酸	氯磺酸	氨基磺酸
三相点温度/K	299.65	444.1	172.0	193.2	478
三相点压力/Pa	—	—	0.1291	0.0052	—
项　目	硫化氢	氟化氢	溴化氢	碘化氢	氢氰酸
三相点温度/K	187.7	189.8	185.2	222.4	259.83
三相点压力/Pa	23200	336.83	29890	49326	18625

表 3.14.7　介电常数

名　称	介电常数	名　称	介电常数	名　称	介电常数
氢氟酸	12^{-122}	氢氰酸	158^{0}	硫酸	100.0^{25}
氢氟酸	17^{-73}	氢氰酸	2.3^{21}	硝酸	50^{-10}
氢氟酸	83.9^{0}	氢碳酸	12.3^{60}	硝酸	50.0^{14}
氢氟酸	4.6^{28}	盐酸	4.6^{20}		
氢氯酸	3.3^{20}	硫酸	84.0^{20}		

3.15 质量指标

表 3.15.1 工业合成盐酸的质量指标（GB 320—2006）

单位：%（质量分数）

项目		指标		
		优级品	一级品	合格品
总酸度(以 HCl 计)	≥	31.0	31.0	31.0
铁(以 Fe 计)	≤	0.002	0.008	0.01
灼烧残渣	≤	0.05	0.10	0.15
游离氯(以 Cl^- 计)	≤	0.004	0.008	0.01
砷(As)(强制)	≤	0.0001	0.0001	0.0001
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)	≤	0.005	0.03	—
外观		无色或浅黄色透明液体		

用途：用于稀有金属的湿法冶金、有机合成、漂染、金属加工、食品工业及药品生产等。

表 3.15.2 高纯盐酸的质量指标（HG/T 2778—2009）

项目		指标		项目		指标	
		优等品	一等品			优等品	一等品
总酸度(以 HCl 计)/%	≥	31.0	31.0	铁(以 Fe 计)/(mg/L)	≤	0.30	2.0
钙(以 Ca 计)/(mg/L)	≤	0.20	0.50	蒸发残渣/(mg/L)	≤	15.0	30.0
镁(以 Mg 计)/(mg/L)	≤	0.05	0.10	游离氯/(mg/L)	≤	20.0	40.0
外观		无色透明液体					

用途：离子膜烧碱的阳极液 pH 值的调节，树脂塔的再生，医药等高纯产品的应用等。

表 3.15.3 食用盐酸的质量指标（GB 1897—2008）

项目		指标(质量分数)/%	项目		指标(质量分数)/%
总酸度(以 HCl 计)	≥	31.0	还原物(以 SO_3 计)	≤	0.007
铁(Fe)	≤	0.0005	不挥发物	≤	0.05
硫酸盐(以 SO_4 计)	≤	0.007	重金属(以 Pb 计)	≤	0.0005
游离氯(以 Cl 计)	≤	0.003	砷(As)	≤	0.0001
外观		无色或浅黄色透明液体			

用途：食用；用于制造氯化铵、氯化钙等氯化物。在染料及医药中间体和聚氯乙烯、氯丁橡胶等的合成中在湿法冶金、金属表面处理、在印染工业中都有较多用途。

表 3.15.4 副产盐酸的质量指标（HG/T 3783—2005）

项目		指标		
		Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型
总酸度(HCl)(质量分数)/%	≥	31.0	20.0	10.0
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.005		

注：生产商应用户要求提供可能存在的主要杂质的信息，必要时提供杂质含量数据。

用途：用于制造各种氯化物、染料及医药中间体、氯丁橡胶等。还用于湿法冶金、金属表面处理、制糖和制革工艺等。

表 3.15.5　试剂用盐酸的质量指标（GB/T 622—2006）

项　目		指　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
HCl(质量分数)/%		36.0～38.0	36.0～38.0	36.0～38.0
密度/(g/cm³)		1.18	1.18	1.18
色度/黑曾单位	≤	5	10	10
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.002
游离氯(Cl)(质量分数)/%	≤	0.00005	0.0001	0.0002
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.0005
亚硫酸盐(SO_3)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.001
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.00001	0.00005	0.0001
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.00001	0.00001	0.0001
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.000003	0.000005	0.00001
锡(Sn)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.0005
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.00002	0.00002	0.00005
外观		无色透明水溶液		

用途：化学试剂。

表 3.15.6　工业硫酸的质量指标（GB/T 534—2002）

项　目		指　标					
		浓硫酸			发烟硫酸		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
硫酸(H_2SO_4)(质量分数)/%	≥	92.5 或 98.0			—	—	—
游离三氧化硫(质量分数)/%	≥	—	—	—	20.0 或 25.0		
灰分(质量分数)/%	≤	0.02	0.03	0.10	0.02	0.03	0.10
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.005	0.010	—	0.005	0.010	0.030
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.005	—	0.0001	0.0001	—
汞(Hg)(质量分数)/%	≤	0.001	0.01	—	—	—	—
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	—	0.005	—	—
透明度/mm	≥	80	50	—	—	—	—
色度/mL	≤	2.0	2.0	—	—	—	—
外观		无色无味油状液体					

用途：主要用于制造硫酸铵、过磷酸钙等化学肥料，无机酸及硫酸盐产品等。在有机化工生产中用于酸化、磺化、脱水、催化等方面。还用于有色金属冶炼、钢铁酸洗。此外，还用于石油精炼和石油化工生产。国防军工用于生产黄色炸药。

表 3.15.7　试剂用硫酸的质量指标（GB/T 625—2007）

项　目		指　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量(H_2SO_4)(质量分数)/%		95.0～98.0	95.0～98.0	95.0～98.0
色度/黑曾单位	≤	10	10	15
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.005
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.00002	0.00003	0.00005
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/%	≤	0.00002	0.00005	0.0005
铵盐(NH_4)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.001
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.00002	0.00005	0.0001
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.00001	0.00001	0.0001
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.000001	0.000003	0.000005
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.00001	0.00001	0.0001
还原高锰酸钾物质(以 SO_2 计)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
外观		无色透明的的油状液体		

用途：主要用于化学分析、蓄电池电解液、生物制药、精细化工等。

表 3.15.8　蓄电池用硫酸的质量指标（HG/T 2692—2007）

项　　目		指　　标			
		稀硫酸		浓硫酸	
		优等品	一等品	优等品	一等品
硫酸(H_2SO_4)(质量分数)/%	≥	34.0	34.0	92.0	92.0
灰分(质量分数)/%	≤	0.01	0.01	0.02	0.03
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.00002	0.00002	0.00005	0.0001
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002	0.005	0.010
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00002	0.00002	0.00005	0.0001
氯(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003
氮氧化物(以N计)(质量分数)/%	≤	0.00004	0.00004	0.0001	0.001
铵(NH_4)(质量分数)/%	≤	0.0004	—	0.001	—
二氧化硫(SO_2)(质量分数)/%	≤	0.002	0.002	0.004	0.007
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0002	0.0005	0.005
还原高锰酸钾物质(以O计)(质量分数)/%	≤	0.0004	0.0004	0.001	0.002
透明度/mm	≥	350	350	160	50

用途：用作铅蓄电池的电解质。在充电时，电能转化为化学能，放电时化学能又转化为电能。可反复充电、放电。

表 3.15.9　工业用稀硝酸的质量指标（GB 337.1—2002）

项　　目		指　　标			
		68 酸	62 酸	50 酸	40 酸
硝酸(HNO_3)(质量分数)/%	≥	68.0	62.0	50.0	40.0
亚硝酸(HNO_2)(质量分数)/%	≤	0.20	0.20	0.20	0.20
灼烧残渣的(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	0.02	0.02
外观		无色或浅黄色透明液体			

用途：主要用于制造硝酸铵等复合肥料。在有机、染料、涂料、医药、印染、橡胶、塑料、冶金、国防工业上也有较多用途。

表 3.15.10　工业用浓硝酸的质量指标（GB 337.2—2002）

单位：%（质量分数）

项　　目		指　　标		项　　目		指　　标	
		98 酸	97 酸			98 酸	97 酸
硝酸(HNO_3)	≥	98.0	97.0	硫酸(H_2SO_4)	≤	0.08	0.10
亚硝酸(HNO_2)	≤	0.50	1.0	灼烧残渣	≤	0.02	0.02

注：1. 硫酸含量的控制仅限于硫酸浓缩法制得的浓硝酸。

2. 外观：淡黄色透明液体。

用途：主要用于化肥、国防（炸药）、冶金、化纤、医药、电子等行业。

表 3.15.11　试剂用硝酸的质量指标（GB/T 626—2006）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
HNO_3(质量分数)/%		65.0～68.0	65.0～68.0	65.0～68.0
密度/(g/cm^3)		1.4	1.4	1.4
色度/黑曾单位	≤	20	20	25
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002

续表

项目	指标		
	优级纯	分析纯	化学纯
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.00005	0.00005	0.0002
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0002	0.001
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.00002	0.00003	0.0001
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.000001	0.000001	0.000005
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.000005	0.00001	0.00005
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.000005	0.00001	0.00005
外观	无色或淡黄色透明水溶液		

用途：化学试剂。

表 3.15.12 试剂用发烟硝酸的质量指标（HG/T 3447—2003）

项目	指标	项目	指标
含量(HNO_3)(质量分数)/% ≥	95.0	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0001
密度/(g/mL)	1.50	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.000003
蒸发残渣(质量分数)/% ≤	0.003	重金属(以Pb计)(质量分数)/% ≤	0.0003
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0001	外观	淡黄色或黄褐色透明液体
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.001		

用途：化学试剂。氧化剂，制造染料，测胆红质等。

表 3.15.13 工业磷酸的质量指标（GB/T 2091—2008）

项目	指标					
	85%磷酸			75%磷酸		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
色度/黑曾单位 ≤	20	30	40	20	30	40
(H_3PO_4)(质量分数)/% ≥	85.0	85.0	85.0	75.0	75.0	75.0
氯化物(以Cl计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
硫酸盐(以SO_4计)(质量分数)/% ≤	0.003	0.005	0.01	0.003	0.005	0.01
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002	0.005
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.005	0.001	0.0001	0.005	0.01
重金属(以Pb计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.005
外观	无色透明或带浅色稠状液体					

用途：可直接用作铝材抛光剂、钢铁防锈剂、磷化剂、金属清洗剂、有机合成催化剂、精密电镀等；食用级磷酸可当作酸性饮料的酸味剂；药品级磷酸用于医药品制造；多聚磷酸用于制造聚磷酸盐、有机合成原料、金属表面处理剂，也用作分析试剂。

表 3.15.14 工业亚磷酸的质量指标（HG/T 2520—2006）

单位：%（质量分数）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
亚磷酸(H_3PO_3) ≥	99.0	98.0	97.0
氯化物(以Cl计) ≤	0.001	0.01	0.02
铁(Fe) ≤	0.0005	0.001	0.005
磷酸盐(以PO_4计) ≤	0.1	0.2	0.6
硫酸盐(以SO_4计) ≤	0.0005	0.008	0.01

用途：是制造亚磷酸盐和塑料稳定剂（二碱式亚磷酸铅等）、有机磷农药的原料。用作

聚碳酸酯的稳定剂。也用作尼龙 1010 的抗氧化剂。用作还原剂、尼龙增白剂，也用作试剂用。

表 3.15.15 工业湿法粗磷酸的质量指标（HG/T 4068—2008）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
磷酸(以 H_3PO_4 计)(质量分数)/%	≥	25	35	65
密度/(g/mL)	≥	1.15	1.28	1.58
固体杂质(质量分数)/%	≤	1	1	1
外观		无色透明或略带浅色液体		

表 3.15.16 工业湿法净化磷酸的质量指标（HG/T 4069—2008）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
磷酸(H_3PO_4)(质量分数)/%	≥	85.0	85.0	85.0
色度/黑曾单位	≤	20	30	40
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.03
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.005
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.005
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.001	0.0005	0.001
氟(F)(质量分数)/%	≤	0.02	0.03	0.04
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.003
镁(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.005
总有机碳(TOC)(以 C 计)(质量分数)/%	≤	0.007	—	—
外观		无色透明或略带浅色液体		

表 3.15.17 食用磷酸的质量指标（GB 3149—2004） 单位：%（质量分数）

项目		指标	项目		指标
磷酸(H_3PO_4)	≥	75.086.0	重金属(以 Pb 计)	≤	0.0005
砷(As)	≤	0.00005	易氧化物(以 H_3PO_4 计)	≤	0.012
氟化物(以 F 计)	≤	0.001	外观:纯品为无色透明黏稠状液体或斜方晶体		

用途：酸味剂和酵母的营养剂；调味料、罐头、清凉饮料的酸味剂；酿酒时的酵母营养源、防止杂菌繁殖。

表 3.15.18 试剂用磷酸的质量指标（GB/T 1282—1996）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量(H_3PO_4)(质量分数)/%	≥	85.0	85.0	85.0
密度(20℃)/(g/mL)		1.69	1.69	1.69
色度/黑曾单位	≤	10	25	25
灼烧残渣(质量分数)/%	≤	0.1	0.2	0.5
挥发酸(以 H^+ 计)/(mmol/100g)	≤	0.02	0.02	0.02
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0003	0.0005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	0.01
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.0005	0.0005
砷(AS)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0001	0.0005
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.002
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.05	—	—

续表

项　　目	指　　标		
	优级纯	分析纯	化学纯
钾(K)(质量分数)/% ≤	0.005	—	—
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0002	0.0005
镍(Ni)(质量分数)/% ≤	0.0005	—	—
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.0005	—	—
锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.001	—	—
镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0005	—	—
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0005	—	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤		0.001	0.001
还原物质(以 H_3PO_3计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	0.05
外观	无色无臭黏稠液体	无色无臭黏稠液体	无色无臭黏稠液体

用途：化学试剂。

表 3.15.19　电镀用焦磷酸的质量指标（HG/T 3594—2010）

项　　目	指　　标		
	Ⅰ　类	Ⅱ　类	
		优等品	一等品
焦磷酸($H_4P_2O_7$)含量(质量分数)/% ≥	95.0	50.0	50.0
铁(Fe)含量(质量分数)/% ≤	0.005	0.001	0.005
铅(Pb)含量(质量分数)/% ≤	0.002	0.0001	0.002
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	—	0.0003	—
砷(As)(质量分数)/% ≤	—	0.0015	—
氟(F)(质量分数)/% ≤	—	0.0005	—
密度(25℃)/(g/mL) ≥	—	2.04	2.04
外观	无色或淡黄色黏稠液体或结晶		

用途：作为电镀行业金属表面清洗剂，常用作催化剂，制有机磷酸酯等，也用于制药等领域作为溶剂。

表 3.15.20　肥料级商品磷酸的质量指标（HG/T 3826—2006）

单位：%（质量分数）

项　　目	指　　标			项　　目	指　　标		
	优等品	一等品	合格品		优等品	一等品	合格品
磷酸(以 P_2O_5计) ≥	50.0	46.0	42.0	氧化镁(MgO) ≤	1.0	1.4	1.8
倍半氧化物(以 $Fe_2O_3+Al_2O_3$计) ≤	3.0	3.5	3.5	含固量 ≤	1.0	2.0	4.0

用途：用于生产高浓度磷肥和复合肥料。

表 3.15.21　工业硼酸的质量指标（GB/T 538—2006）

项　　目	指标(质量分数)/%		
	优等品	一等品	合格品
硼酸(H_3BO_3)	99.6～100.8	99.4～100.8	≥99.0
水不溶物 ≤	0.010	0.040	0.060
硫酸盐(以 SO_4计) ≤	0.10	0.20	0.30
氯化物(以 Cl 计) ≤	0.010	0.050	0.10
铁(Fe) ≤	0.0010	0.0015	0.0020
氨(NH_3)① ≤	0.30	0.50	0.70
重金属(以 Pb 计)① ≤	0.0010	—	—
外观	白色粉末状结晶或三斜轴面的鳞片状带光泽结晶		

① 碳氨法产品控制指标。

用途：大量用于玻璃、搪瓷、陶瓷业、医药工业、冶金工业，还可作杀虫剂和催化剂用。

表 3.15.22 试剂用硼酸的质量指标（GB/T 628—2011）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
H_3BO_3含量(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2号	4号	磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.003
乙醇溶解试验		合格	0.02	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0005
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01
甲醇不挥发物(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.3	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002	铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003

用途：化学试剂中硼酸的检验。

表 3.15.23 工业氢氟酸的质量指标（GB 7744—2008）

项目		指标						
		Ⅰ类			Ⅱ类			
		FH-Ⅰ-40	FH-Ⅰ-55	FH-Ⅰ-70	FH-Ⅱ-30	FH-Ⅱ-40	FH-Ⅱ-50	FH-Ⅱ-55
氟化氢(质量分数)/%	≥	40.0	55.0	70.0	30.0	40.0	50.0	55.0
氟硅酸(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.05	2.5	5.0	8.0	10.0
不挥发酸(H_2SO_4)(质量分数)/%	≤	0.05	0.08	0.08	1.0	1.0	2.0	2.0
燃烧残渣(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.05	—	—	—	—
外观		无色透明液体			无色透明液体			

用途：用于铝和铀的提纯、蚀刻玻璃、除去硅表面的氧化物、炼油厂的烷基化反应催化剂和多种含氟有机物的合成。

表 3.15.24 工业无水氟化氢的质量指标（GB 7746—2011）

项目		指标(质量分数)/%			
		Ⅰ类	Ⅱ类		
			优等品	一等品	合格品
氟化氢	≥	99.98	99.96	99.92	99.8
水分	≤	0.005	0.02	0.04	0.06
氟硅酸	≤	0.005	0.008	0.015	0.050
二氧化硫	≤	0.003	0.005	0.010	0.030
不挥发酸(以 H_2SO_4计)	≤	0.005	0.005	0.010	0.050
外观		在低温或一定压力下为无色透明液体，在空气中发烟			

用途：Ⅰ类用于生产电子级氢氟酸；Ⅱ类用于生产氟化剂、氟卤烷烃和氢氟酸试剂及其他含氟产品等。

表 3.15.25 试剂用氢氟酸的质量指标（GB/T 620—2011）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
氢氟酸(HF)(质量分数)/%	≥	40.0	40.0	40.0
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.01
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.005
硫酸盐和亚硫酸盐(以 SO_4计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.005
氟硅酸盐(SiF_6)(质量分数)/%	≤	0.02	0.04	0.06
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.00005	0.0001	0.0005
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0005	0.001
性状		无色透明液体，具有刺激性臭味，剧毒，有腐蚀性		

用途：用作分析试剂、高纯氟化物的制备、玻璃蚀刻表面处理等。

表 3.15.26　氢溴酸的质量指标（GB/T 621—93）

项　　目		指　　标	
		分析纯	化学纯
氢溴酸（HBr）（质量分数）/%	≥	40.0	40.0
色度	≤	20	30
灼烧残渣（以硫酸盐计）（质量分数）/%	≤	0.005	0.01
氯化物（Cl）（质量分数）/%	≤	0.02	0.05
碘化物（I）（质量分数）/%	≤	0.005	0.01
硫酸盐和亚硫酸盐（以 SO_4 计）（质量分数）/%	≤	0.002	0.005
磷酸盐（以 PO_4 计）（质量分数）/%	≤	0.0005	0.001
铁（Fe）（质量分数）/%	≤	0.0001	0.0002
重金属（以 Pb 计）（质量分数）/%	≤	0.0002	0.0005
砷（As）（质量分数）/%	≤	0.00004	0.0001

用途：用于制造无机溴化物和有机溴化物，用作分析试剂、催化剂及还原剂。

表 3.15.27　高氯酸试剂的质量指标（GB/T 623—2011）

项　　目		指　　标		项　　目		指　　标	
		优级纯	分析纯			优级纯	分析纯
高氯酸（$HClO_4$）（质量分数）/%	≥	70.0～72.0	70.0～72.0	磷酸盐（PO_4）（质量分数）/%	≤	0.0002	0.0005
色度/黑曾单位	≤	10	15	硅酸盐（SiO_2）（质量分数）/%	≤	0.005	0.005
乙醇不溶物（质量分数）/%	≤	0.001	0.002	砷（As）（质量分数）/%	≤	0.000005	—
灼烧残渣（以硫酸盐计）（质量分数）/%	≤	0.003	0.006	锰（Mn）（质量分数）/%	≤	0.00005	—
氯酸盐（质量分数）/%	≤	0.001	0.002	铁（Fe）（质量分数）/%	≤	0.00005	0.0001
氯化物（以 Cl 计）（质量分数）/%	≤	0.0001	0.0003	铜（Cu）（质量分数）/%	≤	0.00001	0.00005
游离氯（以 Cl 计）（质量分数）/%	≤	0.0005	0.001	银（Ag）（质量分数）/%	≤	0.0005	—
硫酸盐（以 SO_4^{2-} 计）（质量分数）/%	≤	0.0005	0.001	铅（Pb）（质量分数）/%	≤	0.00001	0.00005
总氮量（N）（质量分数）/%	≤	0.0005	0.001	性状：密度约 1.75g/mL		无色透明液体，强腐蚀	

用途：应用于化学分析试剂。也用于电镀、胶片、人造金刚石和医药工业等。

表 3.15.28　工业氯磺酸的质量指标（GB/T 13549—2008）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
氯磺酸（HSO_3Cl）（质量分数）/%	≥	98.0	97.0	95.0
硫酸（H_2SO_4）（质量分数）/%	≤	2.0	2.5	4.0
灰分（质量分数）/%	≤	0.03	—	—
铁（Fe）（质量分数）/%	≤	0.01	0.01	—
铜（Cu）（质量分数）/%	≤	0.003	0.003	—
色度/黑曾单位	≤	10	—	—
外观		无明显浑浊的液体	允许轻微浑浊的液体	允许有浑浊的液体

用途：主要用于制造糖精、磺胺药及染料中间体等。

表 3.15.29　氨基磺酸的质量指标（HG/T 2527—93）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
外观		无色或白色结晶	无色或白色结晶	白色粉末
氨基磺酸（NH_2SO_3H）含量（质量分数）/%	≥	99.5	98.0	92.0
硫酸盐（SO_4）（质量分数）/%	≤	0.4	1.0	—

续表

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	—	—
铁(Fe)含量(质量分数)/%	≤	0.01	0.01	—
干燥失量(质量分数)/%	≤	0.2	—	—
外观		无色或白色结晶	无色或白色结晶	白色粉末

用途：碱量滴定法标准。络合掩蔽剂。有机微量分析测定氮和硫的标准。织物防火。有机合成。氨基磺酸水溶液可去除铁、钢、铜、不锈钢等材料制造的设备表面的水垢和腐蚀产物。另外，它还是唯一可用作镀锌金属表面清洗的酸。

表 3.15.30 工业氟硅酸的质量指标（HG/T 2832—2008）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氟硅酸(H_2SiF_6)(质量分数)/%	≥	40	30	18
游离氟(F)(质量分数)/%	≤	1.0	—	—
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0002	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.020	0.020	—
五氧化二磷(P_2O_5)(质量分数)/%	≤	0.1	0.1	0.15
外观		无色或浅黄色液体	无色或浅黄色液体	无色或浅黄色液体

用途：是制取氟硅酸钠、钾、铵、镁、铜、钡、铅和其他氟硅酸盐及四氟化硅的基本原料。用于金属电镀、木材防腐、啤酒消毒、酿造工业设备消毒（1%～2% H_2SiF_6）和铅的电解精制等。还用作媒染剂和金属表面处理剂。

表 3.15.31 钼酸的质量指标（GB 624—78）

项目		指标	项目		指标
MoO_3(质量分数)/%	≥	85～90	硫酸盐(SO_4^{2-})(质量分数)/%	≤	0.005
澄清度试验		合格	磷酸盐(PO_4^{3-})(质量分数)/%	≤	0.0003
氨水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	外观		黄色单斜结晶或粉末

用途：制造钼类催化剂和钼盐的原料。也用于医药和电镀着色剂、陶瓷釉药的蓝色颜料，油画和水彩画颜料，涂料等。

表 3.15.32 钨酸的质量指标（YS/T 692—2009）

牌号		H_2WO_4-0	H_2WO_4-1	H_2WO_4-2	牌号		H_2WO_4-0	H_2WO_4-1	H_2WO_4-2
WO_3含量(质量分数)/%≥		91.0	90.0	85.0	WO_3含量(质量分数)/%≥		91.0	90.0	85.0
杂质含量（质量分数）/%≤	Al	0.001	0.001	0.001	杂质含量（质量分数）/%≤	Mo	0.015	0.020	0.030
	As	0.010	0.015	0.020		Na	0.004	0.005	0.005
	Bi	0.001	0.001	0.001		Ni	0.001	0.001	0.001
	Ca	0.006	0.008	0.010		P	0.002	0.003	0.005
	Co	0.001	0.001	0.001		Pb	0.001	0.001	0.001
	Cr	0.001	0.001	0.001		S	0.005	0.005	0.010
	Cu	0.001	0.001	0.001		Sb	0.001	0.001	0.001
	Fe	0.003	0.003	0.004		Si	0.004	0.005	0.010
	K	0.001	0.002	0.003		Sn	0.001	0.001	0.001
	Mg	0.001	0.001	0.001		Ti	0.001	0.001	0.001
	Mn	0.001	0.001	0.001		V	0.001	0.001	0.001

用途：主要用于制金属钨、钨丝、硬质合金、钨酸盐类；也可用作印染助剂。

表 3.15.33　三氯异氰尿酸的质量指标（HG/T 3263—2001）

项　目	指　标	
	优等品	合格品
有效氯(以 Cl 计)含量/% ≥	90.0	88.0
水分/% ≤	0.5	1.0
pH 值(1%水溶液)	2.6～3.2	2.6～3.2

用途：饮用水和疫区的消毒杀菌；游泳池的水处理；用作合成具有消毒杀菌作用的洗涤剂、去污剂、清洁剂，除臭剂等；水果蔬菜保鲜消毒防腐等。纺织工业用作漂白剂、冷漂剂；毛仿工业做羊毛羊绒处理剂和羊毛防缩剂；作为化学合成中的氧化剂和氯化剂；用作糊精的防臭剂；用于制造海水电池。

表 3.15.34　氯铂酸的质量指标（GB/T 26298—2010）

Pt (质量分数)/% ≥	杂质元素(质量分数)/% ≤					
	Ag	Au	Pd	Rh	Ir	Pb
37.5	0.0005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0005
Pt (质量分数)/% ≥	杂质元素(质量分数)/% ≤					
	Ni	Cu	Fe	Sn	Cr	总量
37.5	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.1

用途：主要用于制备贵金属催化剂及贵金属涂镀；沉淀钾、镓、铵、铯和铊，以与钠分离；沉淀生物碱；电镀铂；催化剂；制造铂石棉。在分析化学上用于检验钾、铵等离子。

表 3.15.35　试剂用氯金酸的质量指标（HG/T 3446—2003）

项　目	指标	项　目	指标
含量(以 Au 计)(质量分数)/% ≥	47.8	碱金属及其他金属(质量分数)/% ≤	0.2
醇醚混合液溶解试验	合格	外观	金黄色结晶
总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.01		

表 3.15.36　试剂用三水合亚铁氰化钾［三水合六氰铁（Ⅱ）酸钾］（GB/T 1273—2008）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量{$K_4[Fe(CN)_6]\cdot 3H_2O$}(质量分数)/% ≥	99.5	≥98.5	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.02	—
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02			

用途：分析试剂，用于铁、铜、锌、钯、银、锇、铀和蛋白质的点滴分析、尿液检验。

第4章　金属单质及其氧化物

目　　录

4.1 金 属 单 质

4.1.1 物 性 总 览

表 4.1.1 金属单质的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ac	锕	227.03	银白	立		10070	1050	3300	→$Ac(OH)_3$					
Ag	银	107.87	银白	立	可延展	10500	960.8	2212	—		×N,T*′	—		—液氯、乙酸、KCN
Al	铝	26.98	银白	立	可延展	2702	660.1	2467	—		+Cl,T,N	++	÷÷乙酸	+HF,HBr,HI
Am	镅	243.06	银白	六		13670	996	(2600)	│		+			
Au	金	196.97	金黄	立		19300	1063	2966	—		—			×王水,KCN,H_2SeO_4*
Au	胶态黄金	196.97	蓝紫						+	│	—			+王水,KCN
Ba	钡	137.33	银白	立	有展性易氧化	3590	729	1640	//		×		//	÷乙醇,—苯
Be	铍	9.01	浅灰	六		1846[20]	1278	2967	— │	÷//	+Cl,T,N*	+		—Hg
Bi	铋	208.98	银白-微红	六	易氧化	9800	271.3	1560	—		×N,T*′			×王水
Ca	钙	40.08	银白	六	可延展	1550	850	1487	//→$Ca(OH)_2+H_2$		+		÷	—苯
Cd	镉	112.41	银白	六	易延展	8650	320.9	767	—		÷Cl,T;+N	—	+NH_4NO_3	+乙酸,汞(5.2[18])
Ce	铈	140.12	钢灰	立或六	易自燃	6770	804	3260	— │	慢氧化	×		—	
Cm	锔	247.07	银	六		13510			│		+			
Co	钴	58.93	银灰	立	易延展有磁性	8710[20]	1492	3550	—		+			
Cr	铬	52.00	钢灰	立		7100	1857±20	2200	—		—N;+ S			—王水;+稀 HCl
Cs	铯	132.91	银白	立		1878	28.5	678.4	×		+		×	+液氨
Cu	铜	63.55	红黄	立	易延展	8920	1083	2595	—		÷Cl;+N,T*	+NH_4OH		÷有机酸
Dy	镝	162.50	银灰	六	金属光泽	8560	1407	2600	×		+			
Er	铒	167.26	银白	六	光泽、质软	9060	1525	2863	×		+			—HF, H_3PO_4
Eu	铕	151.96	钢灰	立		5244	822	1527	—		×			
Fe	铁	55.85	银白	立		7870[20]	1535	3000	—		+	—	—	+浓酸
Fe	生铁	55.85	灰			7600～7800	1075		—		+	—	—	
Fe	铸铁	55.85	灰			7030	1275		—		+		—	
Fe	锻铁	55.85	灰			7860	1505	3000	—		+	—		
Fe	钢	55.85	银灰			7600～7800	1375		—		+	—	—	
Ga	镓	69.72	银白	斜	质软、性脆	5904	29.8	2403	—		×	×		

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Gd	钆	157.25	银白或淡黄		六	7886	1312	3273	—		×			
Ge	锗	72.59	浅灰	立	脆性	5350	937.4	2830	—		×S*,N*	—		×王水
Hf	铪	178.49	银白	六或立		13310	2220	5400	—					×浓 HF,王水
Hg	汞	200.59	银白	液	挥发 有毒	13594^{20}	−38.9	356.9	—		−Cl′*,T;+N			×H_2SO_4*′,王水
Ho	钬	164.93	灰	六	光泽 延展	8803	1461	2695	×		+稀			
In	铟	114.82	银白	四	有毒	7310①	156.4	2000	—		×			
Ir	铱	192.22	银白	立		22400	2450	4389	—		÷王水	②		÷含水氯;+$K_2S_2O_7$**
K	钾	39.10	银白	立		856	63.5	759	+	→KOH		+可溶性盐	///	−烃;+液氨,汞
La	镧	138.91	铅灰	六或立	粉自燃	6150	920	3490	//		×			
Li	锂	6.94	银白	立		534^{20}	186	1336	//		×			−烃;+液氨
Lu	镥	174.97	银白	六	粉自燃	9850	1652	3327			×			
Mg	镁	24.30	银白	六	可延展	1740^{20}	651	1110	—	÷ //	×	—		×铵盐溶液
Mn	锰	54.94	钢灰	立或四		7200^{20}	1260	1900	//	//	+	+		+乙酸
Mo	钼	95.94	银白	立		10220^{20}	2620	4800	—	—	+Cl*′,T*′	—		−HF,Hg,液氨;+王水
Na	钠	22.90	银白	立		968	97.8	880	→NaOH			+可溶性盐	///	−苯,烃,乙醚;+液氨
Nb	铌	92.91	亮灰	立	粉自燃	8570^{20}	2468	4927	—		÷Cl,N;×S*	×熔融	+HF	−王水;+NF或 HF+HNO_3
Nd	钕	144.24	银白-浅黄	六		7004	1024	约 3200	+ //		×			
Ni	镍	58.69	银白	立		6970^{20}	1452	2732	—	—	÷Cl,T;+N*			−液氨
Np	镎	237.05	银	斜、四或立		20450	640	3900	—		×Cl			
Os	锇	190.23	天蓝	六		22480^{20}	2727	>5300	—		÷N	③		−液氨;÷王水;×Na_2O_2
Pa	镤	231.04	银白	四		15370	1227	4027						
Pb	铅	207.2	青灰	立	优延展	11344^{16}	327.5	1620	—	—	×Cl*′;N,T*′			−HF;×王水
Pd	钯	106.42	银白	立	延展耐腐	11970^{0}	1555	2940	—		×N*,T*′			−液氨;×王水
Po	钋	208.98	银白	立或三	放射性	9320	254	962	÷÷		÷Cl;×N′			
Pr	镨	140.91	亮黄	立或六		6770	935	3127		//	×			−HF,H_3PO_4
Pt	铂	195.08	银白	立		21450^{20}	1769	3827	—	—	÷N*′			×王水,熔化碱金属
Pu④	钚	244.06	银白	单		19820④	637	3235	÷		−N,T′;÷S;×Cl			×高氯酸,浓磷酸
Ra	镭	226.03	银白			约 6000	960	1140	×		+			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Rb	铷	85.47	银白	立	自燃	1530^{20}	38.9	705	//		+		×	+液氨
Re	铼	186.21	银白	六		21040	3190	约 5600	−		−Cl;×T,N	×碱**	−	×H_2O_2,高氯酸*
Rh	铑	102.91	灰白	立		12440^{20}	1963	约 3700	−		÷S*′	÷王水	÷HBr	×$KHSO_4$**,Na_2O_2**
Ru	钌	101.07	银白	六		12400	2250	4200	−		÷	×碱**	−	⑤
Sb	锑	121.76	锡白	三		6684^{25}	630.5	1640	−		+Cl*′,+S*′,N′	−		+王水
Sc	钪	44.96	银白	六或立		3020	1400	2730	×		×			
Sm	钐	150.36	浅灰	三		7520	1077	1791	×		+			
Sn	锡	118.71	锡白	四	极易延展	7310	231.8	2260	−		+	+热		$-HNO_3$′;+王水
Sn	锡	118.69	灰	立	−163～−18℃稳定	5750		2260	−		+	+热		$-HNO_3$′;+王水
Sr	锶	87.62	银白	立	可延展易氧化	2630	769	1384	//	→$Sr(OH)_2$	×		+	+液氨
Ta	钽	180.95	深灰	立		16600	3015	约 5500	−		−	+碱**	−王水	+HF,(HF+HNO_3)
Tb	铽	158.93	银白	六	粉自燃	8250	1368	3040	×		+			
Tc	锝	97.91	银灰	六		11500	约 2200	约 5000	−		−Cl;×N	$-H_2O_2$		×王水
Th	钍	232.04	银白	立	粉自燃	11700	1750	4788	−		÷T,N,×Cl*	−		÷HF;×王水
Ti	钛	47.87	银白	立或六	粉炸	4500^{20}	1675	3262	−	//	×Cl,T,N			×HF,H_3PO_4*
Tl	铊	204.38	银白	立或六	很毒	11850	304	1475	−		×N,T	−		−液氨;×高氯酸
Tm	铥	168.93	银白	六	可延展	9320	1545	1950	÷÷	÷	×			
U	铀	238.03	银白	晶	有毒	19040	1130	4134	−		+	−	−	×热磷酸
V	钒	50.94	微灰	立	3.028	6110^{20}	1919	3400	−		×N,T	−		×HF
W	钨	183.84	灰	立		19260^{20}	3380	5927	−		÷N	+KOH*		⑥
Y	钇	88.91	深灰	六	粉自燃	4480	1525	2900	×		++	++KOH**		−HF
Yb	镱	173.04	银	立	易氧化	6950	824	1320	×		+			
Zn	锌	65.39	银白	六	粉可燃	7140	419.4	907	−		+	+		+乙酸
Zr	锆	91.22	银白	立	粉易燃	6510^{20}	1855	4340	−		÷	×碱**		×HF,王水

① 液态时密度为：7026^{164}g/dm³、7001^{194}g/dm³、6974^{228}g/dm³、6939^{271}g/dm³、6916^{300}g/dm³。

② 溶于 KOH+KNO_3或 NaOH+Na_2O_2。

③ 与熔融 KOH+KNO_3或 KOH+$KClO_3$起反应。

④ 为 α 相密度；β、γ、δ、δ′、ε 相的为 1765g/dm³、1719g/dm³、1592g/dm³、1599g/dm³ 和 1648g/dm³。

⑤ 不溶于乙醚；微溶于王水；与 NaClO 起反应。

⑥ 不溶于氢氟酸和氢氧化钾；微溶于硝酸、硫酸、王水和液氨；与硝酸+浓 HF 起反应。

表 4.1.2　金属单质的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
汞	7439-97-6	83505	0.13(126.2℃)	不	※	※	—	※	K	8.3	R23;R33;R50/53	S45;S60;S61;S7
钍粉	7440-29-1	71001	—	可	—	—	—	—	P,R,G,T	7		
钒	7440-62-2			可	—	500(粉云)	丙	220g/m³/—	R,G,T			S24/25
铵	7440-00-8	33502	—	易	—	—	—	—	R,G,1,T,JS	3.3		
钙	7440-70-2	42002	1.33(983℃)	易	—	—	甲	—	G,T,JP,JR,JS	4.2	R15	S24/25;S43C;S8
钛	7440-32-6	41504	—	可	—	460	乙	40/—	G,T	4.1	20/21/22-11-17-36/38	16-36/37/39-33-27-26-6
钠	7440-23-5	43002	0.13(440℃)	易	—	>115	甲	—	G,T,JP,JR,JS	4.3	R14/15;R34	S43D;S45;S6A;S8
钡	7440-39-3	43009	—	易	—	—	甲	—	JP,G,T,JS	4.3		
钨	7440-33-7			可	—	—	丙	—	P,G,T		R11;R36/38	S6;S26;S36
钾	7440-9-7	43003	1.33(443℃)	易	—	—	甲	—	G,T,JP,JR,JS	4.3		
铀	7440-61-1	71002		易	—	—	甲	—	R,T	7	R11;R36/38	S6;S26;S36
铅	7439-92-1		0.13(970℃)	可	—	790(粉)	丙	—	G,T		R20/22;R33;R50/53;R61;R62	S45;S53;S60;S61
铈	7440-45-1	33502	—	易	—	—	—	—	R,G,T,JS	3.3		
铊	7440-28-0	61022	0.13(825℃)	不	※	※	—	※	K	6.1		
铍	7440-41-7	61024	—	可	—	647	—	—	R,T	6.1		
铝粉	7429-90-5	43013	0.13(1284℃)	可	—	645	乙	—	G,T,JR,JP,JS	4.3	R15;R17	S43A;S7/8
铟	7440-74-6		0.013(1000℃)	可	—	—		—	R,G,T		R20/21/22;R36/37/38	S26;S36
铪	7440-58-6	42006	—	可	—	—	—	—	G,T	4.2	R26/27/28;R35	S26;S36/37;S45;S7/9
铬	7440-47-3			可	—	—		—	G,T		R40	S36/37;S45
铯	7440-46-2	43007	0.13(279℃)	易	—	—	甲	—	G,T,JR,JP,JS	4.3	R14/15;R34	S26;S36/37/39;S45;S7/8
铷	7440-17-7	43006	0.13(297℃)	易	—	—	甲	—	G,T,JR,JP,JS	4.3		S24/25
锂	7439-93-2	43001	0.13(723℃)	易	—	—	甲	—	G,T,JR,JP,JS	4.3	R14/15;R34	S43C;S45;S8
锆粉	7440-67-7	42005		易	—	—	乙	0.16g/L/—	S,G,T	4.2		
锇	7440-04-2			可	—	—		—	G,T			
锌粉	7740-66-6	43014	0.13(487℃)	可	—	500	乙	—	G,T,JP,JS	4.3		
锑粉	7440-36-0	61505	0.13(886℃)	可	—	—	—	—	G,T,JSJ,JS	6.1	R20/22;R51/53	S61
锰粉	7439-96-5	41506	0.13(1292℃)	可	—	—	乙	—	G,T,JS	4.1	R11	S16
镁粉	7439-95-4	43012	0.13(621℃)	可	—	550	乙	—	G,T,JS,JP,JR	4.3	R11;R15	S43A;S7/8
碲	13494-80-9	61510	0.13(520℃)	可	—	—	—	—	G,T	6.1	R25	S22;S24/25
锶	7440-24-6	43008	1.33(898℃)	易	—	—	甲	—	G,T,JS,JP	4.3		
镉	7440-43-9			易	—	—		—	P,R,G,T		R20/21/22;R50/53	S60;S61
镍	7440-02-0	42004	0.13(1810℃)	可	—	—	乙	—	G,T	4.2	R17;R40;R43	S24;S36/37;S45

4.1.2 密　　度

表 4.1.3 金属单质的密度 单位：kg/m^3

金属	温度/℃														
	−200	−100	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Al	2710^{-150}	2703	2696	2690	2673	2650	2620	2580	2550	2500	2350				
Be		1850	1846	1843											
Bi	10020	9888	9800	9770	9740^{271}	10020	9880	9790	9660	9590	9510				
Cd			8650	8435	8220	8017^{322}	7930	7780	7680	7580	7490				
Cs			1870	1830	1810										
Cu	9010	8975	8930	8900	8875	8840	8800	8770	8740	8700	8660	8620	8580	8490	8320
Fe			7870	7840	7800	7750	7700	7650	7600	7570	7530	7500			
Ga		5904^{20}	6096^{30}	5900	5400	5095	5200	5500	5720	5660	5600	5550	5500	5445	
Hg		13690	13546	13352	13115	12886	1265	12500	12400	12220	11600				
K			862	818	795	773	750	727	704	681					
Li			534	521	515	505	495	484	474	465					
Mg			1737	1720	1708	1700	1675	1670	1660	1582	1560				
Na	992		971	916	905	880	856	832	818	796	770		708		656
Pb			11340	11150	10780	10680	10580	10470	10418^{550}						
Rb		1530^{20}	1470^{50}	1464	1460^{150}	1455^{200}	1450^{220}								
Sn①			7310	7300	6980	6940	6865	6814	6755	6695	6635	6580	6518	6460	6400
Zr			6510	6490	6470	6450	6430	6405	6390	6370	6360	6370	6380	6390	

① 温度为 1300℃、1400℃、1500℃、1600℃时，其值分别为 $6340kg/m^3$、$6280kg/m^3$、$6240kg/m^3$ 和 $6162kg/m^3$。

表 4.1.4 汞和钠蒸气在饱和线上的密度 单位：g/m^3

温度/℃	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
汞①	14.48	30.89	62.29	120.6	223.7	357.9	580.8	913.2	1395	2046	3025	4034
温度/℃	380	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
汞	5620	7530	14574	22560	41480	63250	93425	130204				
钠		0.21	0.71	2.02	5.07	11.26	23.40	44.51	79.22	133.2	213.2	326.7
温度/℃	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
钠	481.9	687.2	951.6	1282	1686	2171	2740	3398	4147	4999	5925	6943

① 温度为 120℃时的值为 $6.29g/m^3$。

表 4.1.5 钾和钾蒸气在饱和线上的密度 单位：g/m^3

类别	温度/K														
	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
钾	0.68	6.66	35.0	132	367	835	1644	2881	4591	6808	9482	12550	15900		
锂			0.001	0.012	0.087	0.426	1.60	4.85	12.5	28.4	57.8	107	186	303	468

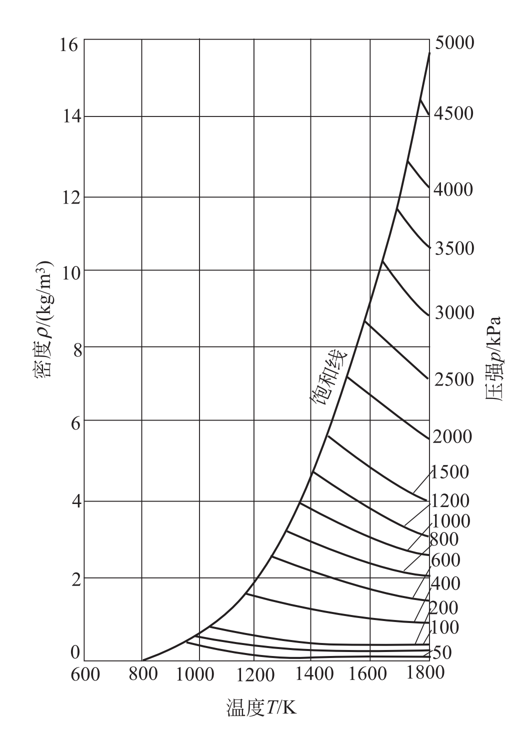


图 4.1　钾蒸气的密度

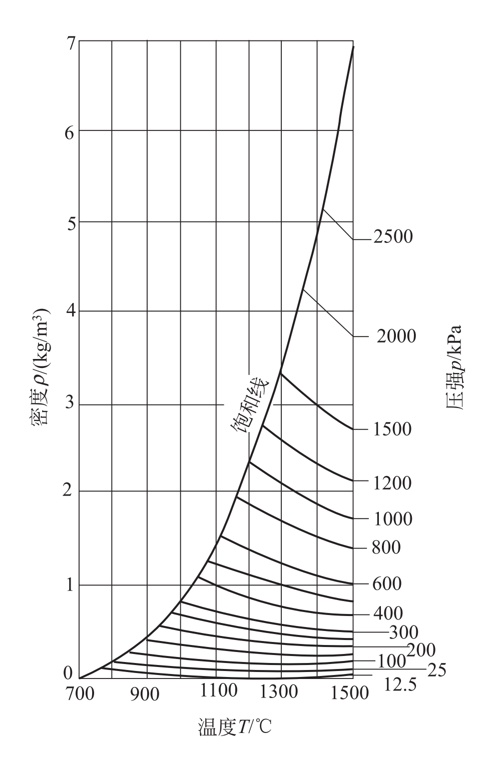


图 4.2　钠蒸气的密度

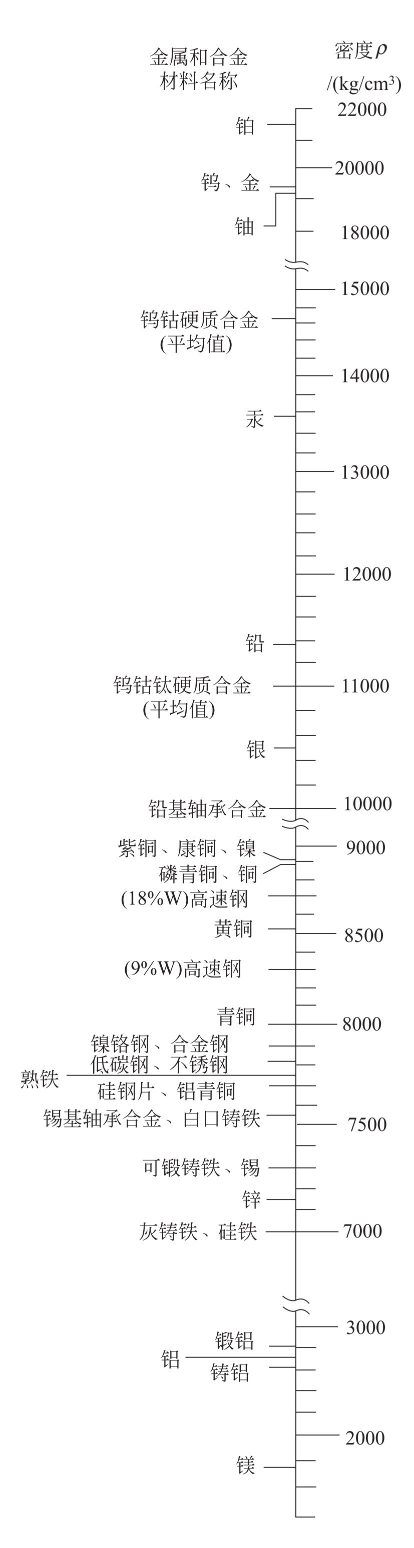


图 4.3　金属和合金的密度

4.1.3 线胀系数和体胀系数

表 4.1.6 金属材料的线胀系数（Ⅰ，热力学温度） 单位：$\times 10^{-6} K^{-1}$

名称	温度/K																			
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Ag		8.7	12.3	14.3	16.5	17.7	18.6	19.2	19.6	20.0	20.6	21.4	22.3	23.4	26.2					
Al	0.5	3.8	8.2	12.2	17.2	20.0	21.9													
Au		7.9	10.4	11.5	12.8	13.4	13.8	14.1	14.3	14.5	15.0	15.4	15.9	16.5	17.9	19.5				
Be			0.5	1.3	4.1	7.1	9.6	11.5	12.7	13.7	15.2	16.4	17.7	19.0	21.6					
Be①			0.2	0.7	2.8	5.2	7.4	9.1	10.2	11.1	11.1	13.4	14.4	15.7						
Be②			0.8	1.5	4.4	7.9	10.6	12.6	13.9	15.0	15.0	18.0	19.3	20.6						
Bi		8.9	10.9	12.0	12.8	13.2	13.4	13.5	13.6	13.6	13.7									
Ca			14.0	16.7	19.0	20.3	21.4	22.3	23.2	24.1	25.8	27.6	29.3							
Cd		19.8	24.3	26.7	29.1	30.2	30.9	31.5	32.2	33.4	38.8									
Cd①		53.3	58.6	59.2	58.5	57.3	55.9	54.0	51.7	48.9	42.0									
Cd②		3.2	7.0	10.3	14.4	16.7	18.4	20.2	22.4	25.6	37.3									
Cu	0.6	3.8	7.6	10.5	13.6	15.1	16.1	16.8	17.3	17.7	18.3	18.9	19.4	20.0	21.5	23.4				
Ge			0.9	2.3	4.1	4.9	5.3	5.7	6.0	6.2	6.5	6.9	6.9	7.2	7.7					
Hf					5.5	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3										
In		18.2	22.0	23.8	26.3	28.1	29.8	31.9	34.7	38.5										
Ir				43	5.3	5.8	6.1	6.5	6.7	6.9	7.3	7.6	7.8	8.0	8.4	8.6	9.2		10.1	10.5
Mg	0.8	5.7	11.2	15.2	20.2	23.0	24.6	25.6	27.3	27.4	27.6	29.3	33.8	39.6						
Na		10.0		13.3	59.3	66.3	67.7	67.7	67.7											
Pb	14.5	21.6	23.8	25.0	26.5	27.5	28.3	28.9	29.3	29.8	32.1									
Pt				6.8	7.9	8.4	8.7	8.9	9.1	9.2	9.5	9.7	10.0	10.2	10.8	11.3	12.0	12.7	13.6	14.6
Pu			29	39	48	53	56	57	58(α)	35(β)	35(γ)	−9(δ)	−16(δ′)	37(ε)						
Sn(白)			13.8	15.5	17.4	18.7	19.9	21.2	22.6	24.2	27.5									
Sn(白)③			21.6	23.1	24.9	26.7	28.7	30.9	33.5	36.2										
Sn(白)④			9.8	11.7	13.6	14.8	15.6	16.3	17.2	18.2										
Ta				5.2	5.9	6.3	6.5	6.5	6.6	6.6	6.8	6.9	7.0	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9	8.2	8.4
Th			7.9	8.7	9.5	10.1	10.6	11.1	11.5	11.9	12.5	13.1	13.7	14.2						
Ti	0.2	1.1	3.0	4.4	6.1	7.2	8.0	8.5	8.9	9.3	9.8	10.2	10.5	10.9	11.6					
U		8.1	9.9	10.6	11.4	12.1	12.8	13.5	14.2	15.1	17.0	19.2	21.9	25.3(α)	17.3(β)	22.8(γ)				
Zr			2.7	3.9	4.7	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	6.2	6.7	7.4	8.2	9.9(α)	9.8(β)				

① 六方晶，平行于 c 轴。
② 六方晶，垂直于 c 轴。
③ 四方晶，平行于 c 轴。
④ 四方晶，垂直于 c 轴。

表 4.1.7　金属材料的线胀系数（Ⅱ，摄氏度）　　单位：$\times 10^{-6}$ ℃$^{-1}$

材料名称	温度/℃										
	−200	−150	−100	−50	0	20	100	200	300	400	500
Al						23.8	26.5	28.1	29.5	31.5	33.5
Co						12.2	13.1	13.8	14.5	15.9^{430}	16.0
Fe	3.7	7.0	9.0	10.5	11.3	12.3	12.7	13.4	14.6	15.4	15.6
Hg	102	120	140	165	180	181	182	183	185		186
Mo	1.9	3.4	4.4	4.8	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
Nb	3.8	4.9	5.3	5.6	5.8	5.9	6.1	6.3		6.4	
Ni	4.1	7.0	5.0	11.6	12.7	13.3	15.0	15.8	16.6	17.0	17.5
V							8.3		9.6		
W		3.3	3.9	4.3	4.4	4.4				4.5	4.6

材料名称	温度/℃									
	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Co	16.2	16.4	16.9							
Fe	15.6	15.5	14.6	13.8						
Hg			188							
Mo	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5	5.8	6.1	6.2	6.4	7.1
Nb	6.5	6.3	6.0	5.6	5.5	5.4^{1100}				
Ni	17.7	17.9								
V		10.4			10.9^{1100}					
W	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2		5.3	5.7	6.4	7.3

表 4.1.8　其他金属的线胀系数　　单位：$\times 10^{-6}$ ℃$^{-1}$

名　称	Am	Ba	Ce	Co①	Co②	Cr	Cs	Dy
α	50.8	19.0	6.0	16.1^{80}	12.1^{80}	8.2	1.0	9

名　称	Er	Ga					Gd	K	La
α	9.5	18.6^{-23}	$18.0^{0\sim30}$	19.2^{27}	40.3^{100}	32.4^{900}	10.0	83	5.0

名　称	Li		Mn	Na	Nb	Os	Pd	Po
α	$58^{20\sim180}$	$180^{180\sim230}$	23.0	$280^{100\sim220}$	7.1	4.7	11.9	24.4

名　称	Pr	Ra	Rb		Re	Rh	Ru	Sb
α	5.1	$17^{30\sim100}$	$90^{0\sim39}$	$340^{40\sim100}$	8.3	8.3	6.7	$10.8^{0\sim100}$

名　称	Sn	Sr	Tb	Tl	Yb	Zn	Zr③	Zr④
α	35.3	23	7.0	29.9	25	$36^{0\sim100}$	6.9^{300}	4.7^{300}

① 六方晶，平行于 c 轴。

② 六方晶，垂直于 c 轴。

③ 六方晶，平行于 c 轴。

④ 六方晶，垂直于 c 轴。

注：右上角数字为与其相对应的温度（℃），未注明者对应于常温。

表 4.1.9　一些金属在熔解时的体胀系数

名　称	Cd	Cs	Ga	Hg	In	K	Mg	Rb	Sn
β/%	4.74	2.6	−3.1	3.6	2.5	2.4	4.2	2.5	2.6

4.1.4 电 阻 率

表 4.1.10 常温时电阻率　　单位：$\times10^{-4}\Omega\cdot cm$

名称	Ag	Al	Au	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
ρ	1.63	2.62	2.4	60	12	100	4.5	7.5	78	9.7	14	19	1.69	90.9	83
名称	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	Ir	K	La	Li	Lu	Mg
ρ	83	10	52	143	89000	32	94.1①	90	8.5	6	6.6	56	8.6	67	4.4
名称	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni	Os	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru
ρ	5	5.4	4.3①	14	79	6.8	9.5	21.9	10.8	88	10.5	11.6①	19.8①	4.7①	10
名称	Sb	Se	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Ti	Tl	Tm	V	W	Y	Yb
ρ	39	12	90	11.4	24.8	13.9②	111	18	3	18.1	90	59	5.5	53	29

① 0℃。

② 27℃。

注：Zn、Zr 的常温时电阻率分别为 $5.9\times10^{-4}\Omega\cdot cm$ 和 $40\times10^{-4}\Omega\cdot cm$。

4.1.5 熔点和沸点

表 4.1.11 不同压强下的熔点　　单位：℃

金属	压强/MPa							
	0.1	25	50	75	100	200	600	1200
Ga	29.8	27.5	26.5	26.0	25.7	23.4	17.0	2.6
Pb	327.5	329.6	331.2	332.4	333.3	341.4		
Sn	230.6	231.3	232.3	233.1	233.9	237.2		

表 4.1.12 锡在不同压强下的沸点　　单位：℃

压强/MPa	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2
t_b	1010	1126	1270	1440	1660	1940	2310

表 4.1.13 钴在不同压强下的沸点　　单位：℃

压强/MPa	10	100	1000	5000	10000	20000	40000
t_b	1620	1855	2152	2430	2570	2730	2890

4.1.6 黏　　度

表 4.1.14 一些金属液体的黏度　　单位：$mPa\cdot s$

金属	温度/℃														
	69	100	200	240	260	280	300	320	340	350	360	380	400	450	500
Bi						1.622	1.667	1.62	1.55		1.47	1.42	1.37	1.27	1.16
Cd										2.373			2.157		1.844
Ga							1.030						0.882		0.814
K	0.51	0.47	0.32										0.19		
Na		0.682	0.450				0.340						0.278		0.239
Pb								3.20^{327}		2.58			2.32		1.84
Sn				2.12	1.96	1.79	1.67	1.57	1.49		1.41	1.34	1.28	1.22	1.18

金属	温度/℃							
	550	600	650	700	750	800	850	900
Al				2.903		1.402		
Bi	1.08	0.99						
Na		0.212		0.205		0.179		0.167
Pb		1.54		1.36		1.23	1.185	
Sb		1.50		1.26		1.08	1.05	
Sn	1.12	1.05	1.00	0.95	0.91	0.87		

金属	温度/℃					
	280	1085	1100	1150	1200	1400
Ag					2.98	
Cd	1.54^{600}					
Cu		3.36	3.33	3.22	3.12	
Fe①						2.25
Zn	1.68					

① 含 C 量为 2.5%。

表 4.1.15　一些金属液体的运动黏度　　　　单位：$\times10^{-8}m^2/s$

金属	温度/℃								
	20	100	200	300	400	500	600	700	800
Bi				17.1	14.2	12.2	10.8	9.6	9.1
Cs	36.4^{30}	25.8	21.2^{150}	18.7^{200}					
Hg	11.4	7.8	8.0	7.1	6.7	6.2	6.1	6.0	5.9
K		56.1	42.8	35.2	29.8	25.7	22.1	20.5	
Li			111.0	92.7	81.7	73.4	66.8	61.7	
Na		85.0	50.6	39.4	33.0	28.9	26.0	23.0	20.0
Pb				17.7^{350}	14.6^{450}	14.3^{550}			
Rb	45.8^{40}	42.6^{50}	28.2^{150}	22.2^{220}					
Sn			27.0	24.0	20.0	17.3			

表 4.1.16　汞蒸气的动力黏度　　　　单位：μPa·s

温度/℃	200	250	300	350	400	450	500	550	600
η	45.1	50.0	54.9	60.3	65.7	71.1	76.5	80.9	85.3

4.1.7　表 面 张 力

表 4.1.17　低熔点金属液体的表面张力　　　　单位：mN/m

项　目	温度/℃							
	0	20	50	100	150	200	250	300
Hg	480	471	461	450	438	430	418	400
Hg-蒸气	480		467^{60}					
Na			294^{90}①	206②			200②	
Na-蒸气				222			211	

①CO_2中；②真空中。

表 4.1.18　高熔点金属液体的表面张力　　　　单位：mN/m

项　目	温度/℃													
	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000
Bi		376	373	370	367	363								
Cd-H_2		570^{330}	578	597	622	618	602	585						
Mg									563^{681}	558	543	529	500	
Pb			442	438	435	431	428	424	420	417	413	410		
Pb-H_2			453								423			
Sn-H_2	2526^{253}											508^{878}	506	497
Sn-空气	575	565	555	545	535	525	515	505						
Zn-H_2						753^{477}	747^{543}							
Zn-空气					780	778		764		754^{670}				

表 4.1.19　其他金属液体和空气的界面张力　　　　单位：mN/m

名　称	金	银		铜①	铝	铋	锑	铟
σ	1120^{1200}	1140^{870}	800^{970}	1103^{1130}	840^{700}	368^{750}	$340^{170\sim250}$	388^{300}
名　称	铟	钾		铂	铌	锗	铅	镓②
σ	$340^{170\sim250}$	411^{62}	$86^{100\sim150}$	1819^{2000}	1103^{1131}	600^{959}	453^{350}	358^{30}

① 界面为氢气。
② 界面为CO_2或空气。
注：右上角数值为与该值相对应的温度（℃）。

表 4.1.20　汞和一些液体的界面张力（20℃）　　　　单位：mN/m

液体	水	CS_2	苯	甲 苯	邻二甲苯	间二甲苯	对二甲苯	硝基苯	苯胺	己烷	辛烷
σ	375	336	357	359	359	357	361	350	341	378	375
液 体	二氯甲烷	1,2-二溴乙烷		硝基甲烷	碘甲烷	乙 醚	乙 醇	丙 醇	异丁醇	仲辛醇	油 酸
σ	342	326		378	304	379	364	368	343	359	322

4.1.8 蒸 气 压

表 4.1.21 金属的蒸气压（Ⅰ）

分子式	名称	相应于下述蒸气压强(kPa)的温度/℃																	
		0.001	0.002	0.004	0.007	0.01	0.02	0.04	0.07	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2.0	4.0	7.0	10.0	20.0
Ag	银	1015	1055	1090	1122	1144	1190	1237	1280	1310	1362	1422	1475	1512	1578	1642	1740	1785	1875
Al	铝					1110	1146	1190	1230	1260	1325								
Au	金	1397	1435	1475	1525	1548	1608	1675	1730	1767	1836	1912	1978	2020	2115	2212	2302	2360	2470
Ba	钡					710	740	778	812	836	886	935	985	1015	1085	1155	1220	1265	1350
Be	铍	1050	1132	1220	1285	1325	1400	1460	1505	1520	1580	1650	1715	1755	1830	1920	2002	2052	2160
Ca	钙					680	710	740	755	782	830	880	920	940	1000	1065	1125	1170	1250
Ce	铈	1273	1322	1360	1400	1423	1465	1515	1555	1580	1640	1712	1775	1820	1912				
Co	钴					1295	1340	1387	1420	1446	1500	1560	1616	1650	1723	1795	1812	1905	1995
Cr	铬					1500	1545	1595	1640	1665	1730	1790	1845	1890	1970	2055	2130	2180	2280
Cu	铜									1585	1660	1742	1815	1862	1968	2085	2180	2255	2400
Eu	铕	593	622	650	675	691	723	760	786	802	843	890	930	960	1016	1080	1136	1170	1250
Fe	铁	1405	1450	1500	1540	1560	1615	1675	1730	1762	1830	1905	1966	2008	2100	2195	2280	2335	2440
Ga	镓					1165	1205	1250	1290	1335	1385	1440	1500	1540	1615	1200	1275	1875	1925
Ge	锗	1393	1443	1498	1536	1562	1624	1685	1740	1776	1845	1920	1987	2032	2130	2230	2324	2380	2500
Hf	铪					2840	2920	3010	3100	3160	3280	3420	3545	3630	3805	4010	4200	4330	4570
Hg	汞	45	53	60	70	76	88	100	112	120	135	152	165	176	178	220	234	247	270
In	铟	895	930	970	1000	1020	1070	1112	1155	1180	1235	1295	1350	1382	1455	1532	1620	1650	1740
Ir	铱	2268	2330	2400	2450	2500	2570	2650	2725	2775	2865	2965	3050	3110	3240	3370	3480	3565	3720
K	钾	202	220	238	250	260	278	300	320	332	360	385	414	430	465	507	545	570	620
La	镧									2120	2210	2300	2375	2430	2540	2660	2765	2835	2970
Li	锂	525	550	575	600	615	650	680	712	730	768	810	848	873	925	980	1036	1018	1140
Lu	镥	1140	1170	1210	1245	1265	1310	1360	1410	1430	1480	1530	1575	1615	1700	1775	1850	1900	2000
Mg	镁					500	525	545	575	590	625	655	685	710	750	800	840	870	930
Mn	锰	962	993	1025	1056	1076	1122	1165	1205	1230	1280	1340	1395	1430	1506	1588	1658	1778	1800
Mo	钼	2500	2565	2640	2700	2740	2830	2930	3010	3065	3180	3300	3410	3470	3630	3795	3945	4040	4240
Na	钠	280	300	315	330	345	370	393	415	430	456	485	518	535	572	620	660	683	736
Nb	铌					2950	3030	3120	3205	3260	3390	3520	3638	3710	3828	3995	4115	4185	4325

续表

分子式	名 称	相应于下述蒸气压强(kPa)的温度/℃																	
		0.001	0.002	0.004	0.007	0.01	0.02	0.04	0.07	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2.0	4.0	7.0	10.0	20.0
Nd	钕	1320	1370	1430	1480	1510	1575	1640	1705	1745	1830	1920	1995	2050	2150	2280	2390	2470	2640
Ni	镍									1380	1435	1487	1538	1570	1638	1708	1772	1815	1900
Os	锇									3200	3300	3416	3515	3580	3710	3845	3965	4050	4200
Pb	铅	710	740	774	800	817	864	905	940	970	1018	1070	1113	1142	1208	1280	1350	1395	1486
Pd	钯	1520	1575	1630	1670	1710	1775	1845	1900	1940	2015	2100	2180	2225	2330	2445	2545	2505	2748
Po	钋	335	353	373	393	403	422	453	455	490	520	552	580	600	635	680	720	745	803
Pt	铂	2020	2085	2150	2200	2230	2310	2385	2450	2495	2580	2670	2755	2815	2925	3045	3150	3220	3355
Pu	钚	1435	1505	1580	1630	1670	1750	1820	1885	1925	2010	2105	2182	2230	2345	2465	2575	2645	2805
Ra	镭	550	575	602	625	640	672	710	744	765	810	862	905	935	997	1065	1130	1170	1260
Re	铼	3020	3110	3200	3280	3330	3440	3550	3650	3710	3840	3985	4110	4190	4360	4540	4700	4790	5000
Rh	铑	2000	2065	2130	2185	2220	2300	2380	2446	2485	2575	2660	2740	2795	2905	3030	3135	3210	3355
Ru	钌					2632	2700	2780	2855	2900	3000	3105	3185	3242	3360	3484	3590	3660	3815
Sb	锑	580	585	590	595	597	610	645	682	708	765	830	885	925	1008	1105	1186	1240	1355
Sc	钪	1410	1453	1505	1544	1565	1625	1682	1738	1775	1835	1920	1985	2026	2120	2210	2295	2345	2440
Sn	锡	1230	1270	1320	1360	1386	1450	1510	1560	1600	1660	1740	1800	1840	1930	2040	2130	2200	2330
Sr	锶	524	545	570	595	610	640	672	700	715	756	795	827	855	908	970	1027	1060	1140
Ta	钽	3015	3100	3190	3260	3310	3415	3520	3600	3660	3785	3900	4000	4070	4220	4370	4515	4605	4795
Tc	锝									3060	3160	3270	3370	3440	3580	3755	3910	4010	4230
Te	碲	371	385	400	415	425	448	472	492	507	538	568	595	614	660	703	740	767	825
Th	钍					2432	2504	2580	2652	2690	2780	2890	2980	3040	3160	3300	3438	3530	3730
Ti	钛					1920	1985	2063	2115	2160	2240	2326	2400	2450	2545	2648	2730	2785	2900
Tl	铊	600	625	655	680	698	730	770	795	812	855	900	940	965	1022	1087	1145	1179	1255
U	铀					2140	2220	2305	2360	2410	2510	2625	2720	2780	2890	3005	3095	3150	3270
V	钒	1835	1870	1915	1955	1985	2052	2120	2190	2240	2325	2418	2490	2543	2655	2760	2853	2910	3040
W	钨	3195	3270	3350	3425	3470	3570	3680	3770	3830	3940	4070	4170	4240	4375	4530	4655	4730	4910
Y	钇	1625	1680	1740	1790	1825	1885	1950	2010	2045	2130	2230	2320	2380	2485	2610	2710	2775	2900
Yb	镱	549	565	588	610	628	671	730	785	820	902	985	1052	1100	1187	1278	1348	1390	1480
Zn	锌	340	352	3710	386	400	420	442	462	475	505	535	558	575	618	660	696	720	768
Zr	锆	2360	2430	2500	2565	2608	2700	2780	2862	2912	3015	3130	3225	3282	3400				

表 4.1.22 金属的蒸气压（Ⅱ）

分子式	名称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
Ag	银	1333	1392	1453	1505	1543	1623	1706	1777	1825	1925	2039	2140	2212	960
Al	铝	1262	1318	1376	1425	1459	1526	1600	1667	1712	1803	1903	1991	2056	660
Au	金	1837	1916	1998	2066	2114	2213	2317	2408	2470	2599	2743	2872	2966	1063
Ba	钡				988	1021	1090	1162	1225	1266	1359	1469	1567	1638	850
Bi	铋	1009	1040	1073	1101	1120	1159	1198	1232	1253	1297	1347	1389	1420	271
Ca	钙				930	958	1019	1082	1138	1176	1252	1345	1428	1487	851
Cd	镉	385	408	434	457	471	502	536	569	592	636	688	732	765	320.9
Cr	铬	1591	1653	1719	1773	1812	1893	1976	2049	2098	2198	2311	2410	2482	1615
Cs	铯	270	294	320	343	360	394	430	465	489	537	596	650	690	28.5
Cu	铜	1600	1669	1741	1801	1843	1932	2025	2107	2161	2274	2405	2518	2595	1083
Fe	铁	1759	1829	1902	1963	2004	2091	2182	2263	2316	2425	2550	2658	2735	1535
Hg①	汞	120	135	152	166	176	196	218	237	250	278	309	337	357	38.9
K	钾	331	357	386	410	427	466	505	541	565	617	680	734	774	62.3
Li	锂	706	748	793	832	858	915	975	1029	1066	1142	1232	1313	1372	186
Mg	镁	609	640	675	705	725	769	816	858	885	941	1005	1063	1107	651
Mn	锰	1269	1327	1388	1439	1475	1550	1630	1702	1751	1853	1974	2079	2151	1260
Mo	钼	3052	3174	3299	3403	3475	3625	3787	3929	4027	4232	4456	4657	4804	2622
Na	钠	428	456	487	513	532	572	613	652	679	732	795	850	892	97.5
Ni	镍	1782	1852	1924	1984	2024	2107	2194	2270	2321	2426	2548	2656	2732	1452
Pb	铅	952	1004	1058	1103	1135	1204	1276	1341	1385	1476	1582	1676	1744	3275
Pt	铂	2683	2799	2918	3017	3087	3237	3398	3539	3635	3834	4065	4268	4407	1755
Rb	铷	288	311	337	360	375	408	442	474	495	541	595	643	679	38.5
Sb	锑	870	910	952	987	1012	1062	1115	1164	1196	1259	1331	1394	1440	630
Sn	锡	1469	1527	1588	1639	1676	1746	1821	1887	1931	2022	2124	2210	2270	231.9
Sr	锶				850	876	930	989	1044	1080	1156	1245	1325	1384	800
Tl	铊	808	851	896	934	960	1016	1075	1129	1166	1240	1325	1401	1457	3035
W	钨	3930	4076	4226	4349	4436	4614	4803	4967	5077	5303	5555	5775	5927	3370
Zn	锌	476	504	534	560	577	615	654	691	715	764	819	869	907	419.4

① 汞在压强大于 101.3kPa 时的气化温度如下表。

蒸气压/kPa	101.3	200	400	700	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000
温度/℃	357	398	445	490	521	558	588	630	660	705	740	768	795	826	864

表 4.1.23　汞的蒸气压详表

温度/℃	蒸气压/Pa	温 度/℃	蒸气压/Pa	温 度/℃	蒸气压/Pa	温 度/℃	蒸气压/Pa	温 度/℃	蒸气压/Pa
−38	0.0002	58	2.9411	154	440.36	250	9.9158	346	83.278
−36	0.0003	60	3.3650	156	477.03	252	10.450	348	86.433
−34	0.0004	62	3.8436	158	516.36	254	11.008	350	89.684
−32	0.0005	64	4.3823	160	558.48	256	11.592	352	93.036
−30	0.0006	66	4.9862	162	603.68	258	12.201	354	96.489
−28	0.0008	68	5.6675	164	651.94	260	12.838	356	100.50
−26	0.0011	70	6.4328	166	703.54	262	13.503	358	103.71
−24	0.0014	72	7.2914	168	758.47	264	14.196	360	107.49
−22	0.0019	74	8.2513	170	817.00	266	14.920	362	111.37
−20	0.0024	76	9.3232	172	879.39	268	15.675	364	115.37
−18	0.0031	78	10.517	174	945.92	270	16.461	366	119.49
−16	0.0040	80	11.839	176	1016.7	272	17.281	368	123.72
−14	0.0051	82	13.332	178	1092.3	274	18.134	370	128.08
−12	0.0064	84	14.985	180	1172.7	276	19.024	372	132.57
−10	0.0081	86	16.812	182	1258.0	278	19.950	374	137.18
−8	0.0101	88	18.838	184	1348.7	280	20.914	376	141.91
−6	0.0127	90	21.092	186	1445.1	282	21.917	378	146.79
−4	0.0160	92	23.585	188	1547.5	284	22.959	380	151.77
−2	0.0199	94	26.344	190	1656.3	286	24.043	382	156.92
0	0.0247	96	29.358	192	1771.4	288	25.170	384	162.20
2	0.0304	98	32.704	194	1893.6	290	26.340	386	167.63
4	0.0368	100	36.384	196	2022.9	292	27.558	388	173.20
6	0.0447	102	40.423	198	2159.8	294	28.820	390	178.90
8	0.0541	104	44.876	200	2304.7	296	30.130	392	184.80
10	0.0653	106	49.742	202	2458.0	298	31.492	394	190.82
12	0.0784	108	55.088	204	2620.0	300	32.904	396	197.01
14	0.0941	110	60.955	206	2791.2	302	34.368	398	203.34
16	0.1128	112	67.354	208	2972.0	304	35.886	400	209.86
18	0.1346	114	74.340	210	3162.8	306	37.461	430	328.50
20	0.1600	116	81.993	212	3.3641	308	39.091	460	495.29
22	0.1901	118	90.339	214	3.5765	310	40.782	490	722.60
24	0.2254	120	99.418	216	3.8002	312	42.532	520	1025.4
26	0.2666	122	109.30	218	4.0358	314	44.346	550	1419.9
28	0.3146	124	120.04	220	4.2840	316	46.223	600	2316.7
30	0.3702	126	131.75	222	4.5452	318	48.164	650	3595.1
32	0.4346	128	144.52	224	4.8200	320	50.174	700	5319.3
34	0.5097	130	158.12	226	5.1086	322	52.252	750	7583.3
36	0.5961	132	173.05	228	5.4122	324	54.401	800	10465
38	0.6959	134	189.18	230	5.7314	326	56.623	850	14022
40	0.8106	136	206.78	232	6.0666	328	58.920	900	18327
42	0.9422	138	225.58	234	6.4182	330	61.293	950	22952
44	1.0932	140	245.98	236	6.7873	332	63.745	1000	29428
46	1.2662	142	267.98	238	7.1743	334	66.277	1050	36276
48	1.4638	144	291.71	240	7.5800	336	68.893	1100	44298
50	1.6892	146	317.17	242	8.0052	338	71.594	1150	52808
52	1.9452	148	344.64	244	8.4505	340	74.380	1200	62482
54	2.2358	150	374.23	246	8.9168	342	77.253	1250	73078
56	2.5664	152	406.10	248	9.4049	344	80.218	1300	84677

表 4.1.24 汞和钠在饱和线上的蒸气压 单位：kPa

温度/℃	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
汞①	0.251	0.472	1.201	2.450	4.745	7.864	13.26	21.39	34.29	52.01	79.64	109.0
温度/℃	380	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
汞	157.1	217.0	449.1	846.6	1467	2386	3692	5420				
钠		0.049	0.167	0.527	1.337	3.242	7.618	13.91	25.73	44.89	74.41	118.0
温度/℃	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
钠	179.9	264.9	378.4	525.5	712.1	943.1	1226	1560	1955	2421	2948	3546

① 温度为 120℃时，其值为 0.113kPa。

表 4.1.25 钾和锂在饱和线上的蒸气压 单位：kPa

项　目	温度/K														
	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
钾	0.086	0.970	5.906	23.87	72.46	178.4	376.4	702.8	1192	1869	2750	3843	5113		
锂			0.001	0.013	0.101	0.537	2.168	7.040	19.26	45.98	98.32	191.9	347.0	588.6	946.1

4.1.9 比　热　容

金属元素的恒压比热容计算式（p=101.3kPa）：

$$c_p = A + 0.001BT + 10^5 C/T^2 + 10^{-6} DT^2 \qquad \mathrm{J/(mol \cdot K)}$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 的值见表 4.1.38“金属元素的恒压摩尔比焓计算式的系数”。

表 4.1.26 钠的比热容

（1）钠的定压比热容 单位：J/(mol·K)

项　目	固　体			液　体					
温度/K	298	300	371	371	400	500	600	700	800
c_p	29.997	28.077	31.221	31.845	31.531	30.568	29.823	29.291	28.964

项　目	液　体				气　体				
温度/K	900	1000	1100	1156	298～1600	1700	1800	1900	2000
c_p	28.864	28.968	29.287	29.599	20.800	20.804	20.808	20.813	20.817

（2）在饱和线上的比热容 单位：kJ/(kg·℃)

项　目	温度/℃											
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
c_p'	1.281	1.269	1.264	1.260	1.256	1.256	1.256	1.260	1.269	1.277	1.302	1.290
c_p''	3.534	3.697	3.818	3.843	3.802	3.722	3.622	3.500	3.370	3.236	2.964	3.094

续表

项　目	温度/℃										
	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
c_p'	1.319	1.336	1.357	1.377	1.407	1.440	1.474	1.511	1.549	1.587	1.629
c_p''	2.843	2.726	2.617	2.520	2.424	2.332	2.248	2.169	2.098	2.039	1.989

注：温度为120℃，其值为16.69kJ/(kg·℃)。

表4.1.27　汞在饱和线上的比热容　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
c_p'	19.39	22.02	24.92	27.71	30.70	33.25	35.97	38.64	41.49	44.35
温度/℃	340	360	380	400	450	500	550	600	650	700
c_p'	47.35	49.57	53.12	55.50	62.77	70.00	77.33	84.64	92.14	100.0

注：温度为120℃，其值为16.69kJ/(kg·℃)。

表4.1.28　钾和锂在饱和线上的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K		600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
钾	c_p'	0.770	0.766	0.762	0.766	0.779	0.795	0.816	0.846
	c_p''	0.779	0.917	1.021	1.079	1.092	1.079	1.042	1.005
锂	c_p'			4.170	4.162	4.157	4.149	4.145	4.137
	c_p''			5.736	7.118	8.374	9.337	9.965	10.258
温度/K		1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
钾	c_p'	0.883	0.925	0.971	1.022	1.080			
	c_p''	0.964	0.923	0.886	0.854	0.824			
锂	c_p'	4.128	4.116	4.107	4.103	4.095	4.095	4.103	
	c_p''	10.300	10.132	9.839	9.462	9.043	8.625	8.206	

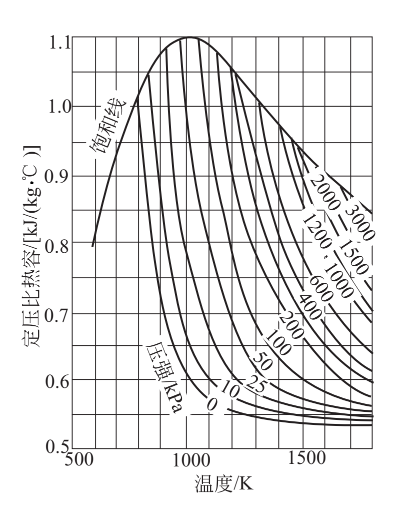


图4.4　钾蒸气的定压比热容

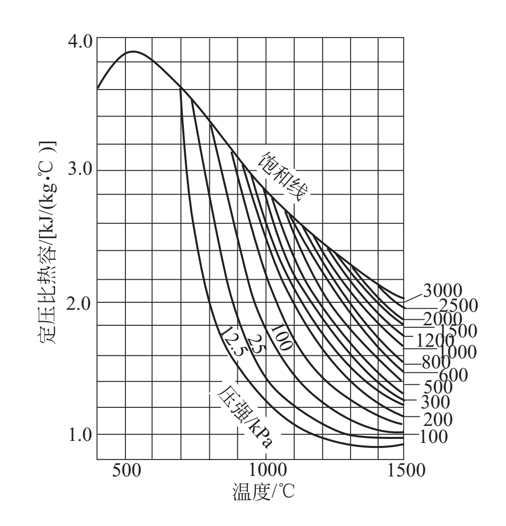


图4.5　钠蒸气的定压比热容

表 4.1.29 其他金属的比热容（Ⅰ，温度单位为摄氏度） 单位：kJ/(kg·℃)

金属	温度/℃													
	−200	−100	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Al			0.879	0.942		1.038	1.059	1.101	1.143		1.076			
Be		1.758	1.926	2.094		2.386		2.638		2.847		3.015		3.098
Bi			0.127			0.151	0.151	0.151	0.155	0.155	0.163			
Cd	0.185^{-187}		0.234	0.239	0.243	0.291^{332}	0.291	0.291	0.291	0.291	0.291			
Co			0.398	0.440		0.494	0.536^{430}			0.582	0.674		0.762	
Cs	0.214		0.201	0.025	0.025									
Cu	0.259^{-190}		0.380	0.399		0.422			0.456			0.482		0.533^{1083}
Fe			0.452		0.482		0.523		0.578			0.666		
Hg	-0.039^{-193}	0.038^{-78}	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138						
Hg(蒸气)							0.105	0.105	0.105					
Li	0.630		0.911	1.052	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174				
Mg		0.244	0.277	0.298		0.307		0.426	0.349	0.309	0.309			
Mo			0.073	0.078				0.089				0.095	0.100^{1300}	0.103^{1700}
Na			0.355	0.382	0.372	0.363	0.355	0.351	0.349	0.349	0.352			
Nb			0.084		0.086		0.088		0.092			0.107		0.115
Ni			0.127	0.131		0.139		0.147		0.153			0.159	0.163^{1300}
Pb			0.035	0.035	0.035	0.035	0.039	0.038	0.038					
Rb			0.093	0.105	0.105									
Sb			0.210	0.215	0.218	0.245								
Sn			0.064	0.067	0.071	0.071	0.071	0.071						
V			0.139	0.145		0.148			0.168			0.177	0.198^{1200}	0.227^{1500}
W			0.037	0.038			0.040			0.041		0.042^{1000}	0.043^{1300}	0.044^{2000}
Zn	0.264^{-193}	0.350^{-86}	0.387	0.398		0.435		0.460^{419}						0.112^{-233}
Zr			0.080	0.086			0.095			0.100	0.102^{862}	0.089^{863}		0.090

表 4.1.30 其他金属的比热容（Ⅱ，温度单位为热力学温度） 单位：kJ/(kg·K)

金属	温度/K																				
	10	15	20	25	30	50	70	100	150	200	250	298.2	400	500	600	700	800	1000	1200	1500	2000
Ag	0.002	0.006	0.015	0.029	0.042	0.105	0.151	0.184	0.209	0.222	0.230	0.234	0.239	0.247	0.251	0.255	0.264	0.272	0.285	0.285	
Au	0.003	0.007	0.016	0.026	0.037	0.071	0.092	0.105	0.117	0.121	0.126	0.126	0.130	0.134	0.134	0.138	0.138	0.146	0.151	0.146	
Ca	0.004	0.016	0.036	0.064	0.098	0.271	0.380	0.486	0.573	0.617	0.639	0.658	0.693	0.729	0.763	0.800(α)	0.844(β)	0.991(β)	0.773		
Co	0.001	0.003	0.005	0.010	0.017	0.071	0.142	0.239	0.326	0.376	0.406										
Cu	0.001	0.003	0.007	0.016	0.032	0.121	0.136^{55}														
Fe	0.001	0.002	0.004	0.007	0.013	0.054	0.117	0.214	0.322	0.381	0.419										

续表

金属	温度/K																			
	10	15	20	25	30	50	70	100	150	200	250	298.2	400	500	600	700	800	1000	1200	1500	2000
Ge	0.001	0.006	0.013	0.022	0.033	0.084	0.130	0.188	0.255	0.289	0.306	0.318	0.343	0.352	0.364	0.368	0.377	0.385	0.398		
Hf	0.001	0.001	0.003	0.007	0.014	0.092	0.239	0.126	0.134	0.142	0.142	0.142									
Ir	0.000	0.001	0.002	0.005	0.009	0.038	0.063	0.088	0.109	0.121	0.126	0.130	0.134	0.134	0.138	0.142	0.146	0.151	0.155	0.167	0.187
Mo	0.001	0.001	0.002	0.004	0.008	0.039	0.138	0.197	0.226	0.226	0.239										
Nb	0.002	0.005	0.011	0.019	0.029	0.084	0.138	0.168	0.202	0.230	0.260										
Ni	0.001	0.003	0.006	0.010	0.016	0.068	0.139	0.232	0.342	0.383	0.416										
Pt	0.001	0.004	0.008	0.014	0.022	0.075	0.096	0.117	0.121	0.126	0.130		0.134	0.138	0.138	0.142	0.142	0.151	0.155	0.163	0.180
Ta	0.001	0.003	0.008	0.014	0.023	0.059	0.088	0.109	0.126	0.134	0.138	0.142	0.146	0.146	0.151	0.151	0.151	0.155	0.155	0.159	0.163
Th			0.020	0.032	0.042	0.071	0.088	0.096	0.105	0.109	0.113	0.117	0.126		0.134	0.142	0.151	0.155	0.188	0.214(α)	
Ti	0.001	0.003	0.007	0.013	0.024	0.100	0.188	0.301	0.410	0.465	0.498	0.523	0.569	0.590	0.590	0.611	0.636	0.678(α)	0.657(β)	0.657(β)	0.699
U	0.001	0.005	0.013	0.023	0.034	0.063	0.080	0.092	0.100	0.105	0.109	0.113	0.134	0.146	0.146	0.159	0.172(α)	0.176(β)	0.159(γ)		
V	0.002	0.004	0.006	0.011	0.019	0.071	0.151	0.251	0.364	0.423	0.465										
W	0.000	0.001	0.002	0.004	0.008	0.032	0.059	0.088	0.113	0.121	0.126										
Zr	0.001	0.005	0.011	0.023	0.036	0.101	0.154	0.205	0.243	0.261	0.272										

表 4.1.31　其他金属的比热容（Ⅲ）

单位：kJ/(kg・K)

分子式	Am	Ba	Ce	Cr	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Ho	In	K	La	Lu	Mn	Nd	Np
名 称	镅	钡	铈	铬	镝	铒	铕	镓	钆	钬	铟	钾	镧	镥	锰	钕	镎
150K	—	—	0.1758	—	0.1733	0.1679	0.1783	0.372	0.2357	0.1645	0.238	—	0.2001	0.1532	—	—	—
常温	0.110	0.204	0.190	0.449	0.173	0.168	0.182	0.371	0.230	0.165	0.233	0.757	0.190	0.150	0.480	0.190	0.120

分子式	Os	Pd	Pr	Pu	Ra	Re	Rh	Ru	Se	Sm	Sr	Tb	Tc	Tl	Tm	Y	Yb
名 称	锇	钯	镨	钚	镭	铼	铑	钌	钪	钐	锶	铽	锝	铊	铥	钇	镱
150K	0.1298	0.2428	0.1905	—	0.293	0.1365	0.2470	0.2399	0.5694	0.1964	0.3010	0.1817	0.2428	0.1298	0.1599	0.2985	0.1202
常温	0.130	0.129	0.190	0.130	0.094	0.137	0.242	0.238	0.568	0.197	0.300	0.180	0.240	0.129	0.160	—	0.155

4.1.10 热导率和热扩散系数

表 4.1.32 金属的热导率（Ⅰ） 单位：W/(m·℃)

金属	温度/℃													
	−200	−100	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Al	212.7^{-150}	210.0	205.7	204.6	213.0	230.1	248.7	267.3	280.0		93.0			
Be		125.5	161.5	190.6	210.0	215.0								
Bi	12.6	10.0	8.4	7.2	7.3^{271}	16.5	16.3	16.1	15.8	15.5	15.1			
Ca		98^{0}	126											
Cd	104.6^{-187}	98.0	93.0	91.8	90.6	89.7^{322}	43.9							
Co			70.9			69.0	125.5^{430}		114.1		106.9		74.4	
Cr			67											
Cs			23.2	17.5	16.4									
Cu	488.1^{-190}		395.2	391.7		373.1			344.0			320.8		
Fe			78.4	67.6	61.0	56.4	50.2	46.3	43.7	41.8		40.1		
Hg	50.0	37.5	7.9	8.9	10.3	11.7	12.3	13.0	13.4	13.8	14.3			
Hg(蒸气)					7.67	9.30	11.0	12.8	13.9					
K	136.0	123.0	97.0	46.5	45.9	43.4	39.5	34.9	30.9	28.2				
Li			70.9	69.7	46.0	46.6	47.1	47.5	48.0	48.5				
Mg		178.7	165.0	148.8	142.0	136.0	134.8	133.6	131.3	97.6	97.6			
Mo			137.1	137.1				125.5					111.6^{1300}	70.9^{2100}
Na	162.7		133.6	86.0	81.4	74.4	70.9	68.6	62.8	59.3	56.9			
Nb			34.0	36.5	40.0	42.0	43.0	45.0	47.0	48.8	49.4	50.0		40.6
Ni			92.3	82.5	70.0	63.9	62.8	61.6	59.8	58.1	57.7	57.3	56.9	55.2^{1300}
Pb			34.9	33.4	29.4	28.1	28.6	29.0	26.0					
Rb			35.4	29.3^{39}	31.4^{50}	31.9^{100}	32.6^{150}	33.9^{200}	34.4^{220}					
Sb		263^{-77}	22.5^{0}	21.5										
Sn	81.5^{-170}		59.8	63.3	34.0	33.7	33.1	32.5						
Ti	31.9	20.0^{0}	16.3	16.3	16.3	16.7	17.2							
V			30.9	33.7	34.4	34.9	35.4	36.1	37.2	38.1	38.8	39.5		
W①			168.5	151.1	144.0	136.8	130.2	123.0	116.0	109.2	101.0	93.5	86.0	
Zn	117^{-170}	115	111	109										
Zr			21.4	21.0	20.7	20.5	20.3							

① 温度为1300℃、1700℃、2000℃时，其值分别为90.6W/(m·℃)、104.6W/(m·℃)、12.4W/(m·℃)。

表 4.1.33 金属的热导率（Ⅱ） 单位：W/(m·℃)

金属	温度/℃							
	−269	−253	−197	−79	0	100	300	700
Ag	14400	5100	520	420	418	417	360	
Al	2990	5700	520	239		205①	268①	474①
Au	1750	1510	350	312	311	310		
Be		3000	1800				159	
Co	128	460	200	140				
Cu	11800	10500	610	419	385	385	293	
Fe	77	300	180	89				
Ga②	16000	630	105	90	85			
Ge	900	1500	329	98	67	47	29	18
Hf	4	18	26		22	22	21	
In	850	187		100	87			
In③			26.7	18.5	−0.5	−24.8		

续表

金属	温度/℃							
	−269	−253	−197	−79	0	100	300	700
In④			24.8	38.1	53.7	75.8		
Ir	550	1900	240	150	148	143		
Mg	510	1380	200	160				
Mo	66	280	220	140	140			
Ni	190	810	190	80	90			
Pt	940	460	84	72	69	72	76	84
Pu			2.8	4.5	6.2	8.8		
Ta	49	145	60	54				72^{727}
Th	17	54	50	39	37	37	37	38
U	4.6	15	23	26	25	26	31	40
V	22	15	23					
W	2600	5400	260	178				
Zr	43	107	37					

① 纯度99%。
② 平行于 *b* 轴。
③ 四方晶，平行于 *a* 轴。
④ 四方晶，平行于 *a* 轴或 *b* 轴。

表 4.1.34　其他金属的热导率　　单位：W/(m·K)

分子式 名　称	Ce 铈	Dy 镝	Er 铒	Gd 钆	Ho 钬	La 镧①	Lu 镥	Os 锇②	Pd 钯	Pr 镨
λ	11.04	11.04	13.95	13.95	10.46	33.00	22.90	139.9	71.18	12.44
分子式 名　称	Re 铼	Rh 铑	Ru 钌③	Se 钪	Sm 钐	Tb 铽	Tc 锝	Tl 铊	Tm 铥	Y 钇
λ	70.90	150.8	190.0	21.96	12.90	12.90	50.90	40.91	16.97	14.99

① 20K。
② 76K。
③ 76K。

表 4.1.35　热扩散系数　　单位：$\times10^{-2}m^2/h$

金属	温度/℃								
	20	100	200	300	400	500	600	700	800
Bi				3.87	3.96	3.92	3.80	3.74	3.68
Hg	1.57	1.76	2.06	2.39					
Hg(蒸气)					10.4	13.8	17.5		
K		25.1	26.3	26.1	24.8	22.6	20.5	19.3	
Li			7.77	7.85	7.91	8.00	8.08	8.15	
Na		23.0	25.0	24.5	24.0	23.5	22.5	22.0	21.5
Sn			69.0	68.5	68.0	67.5			

4.1.11　普朗特数、临界常数和偏心因子

表 4.1.36　普朗特数

金属	温度/℃								
	20	100	200	300	400	500	600	700	800
Bi				2.26	2.78	3.20	3.52	3.89	4.05
Hg	2.72	1.92	1.40	1.07					
Hg(蒸气)			0.620	0.618	0.616	0.613	0.612		
K		0.80	0.59	0.49	0.43	0.41	0.39	0.38	
Li			5.14	4.25	3.72	3.3	2.98	2.73	
Na			0.73	0.58	0.50	0.44	0.42	0.38	0.33
Sn			1.41	1.26	1.06	0.92			

表 4.1.37 临界常数

项 目	银	铝	铍	铋	钙	铁	汞
临界温度/K	6410	9300	5205	4620	3267	9340	1735
临界压力/MPa	481.0	570	39.2	77.0	15.3	1015	160.8
临界体积/(L/mol)	0.0398	0.039	0.3115	0.104	0.5171	0.028	0.035
临界压缩因子	0.359	0.288	0.282	0.208	0.291	0.366	0.39
项 目	钾	锂	钠	钒	锌	锗	
临界温度/K	2223	3503	2573	11325	3170	9803	
临界压力/MPa	16	38.42	35.4637	1031.4	290.4	651.1	
临界体积/(L/mol)	0.209	0.06286	0.116	0.0328	0.033	0.045	
临界压缩因子	0.181	0.0829	0.192	0.359	0.36361	0.359	

4.1.12 比 焓

金属元素的恒压摩尔比焓计算式（p=101.3kPa）：

$$h=h_0+0.001AT+5\times10^{-7}BT^2-100C/T+0.333\times10^{-9}DT^3 \quad \text{kJ/mol}$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 及 h_0 的值如表 4.1.38。

表 4.1.38 金属元素的恒压摩尔比焓计算式的系数

分子式	名 称	适用温度/K	A	B	C	D	h_0	s_0
Al	铝	298～933	31.40	−16.40	−3.61	20.77	−10.02	−148.6
	铝(液)	933～2767	31.77	0	0	0	−0.791	−145.7
Au	金	298～900	24.02	4.379	0	0	−7.356	−90.64
	金	900～1200	4.572	18.50	54.81	0	10.52	32.34
Bi	铋	298～544	11.86	30.49	4.107	0	−3.509	−17.55
	铋(液)	544～1200	19.03	10.38	20.75	−3.982	10.14	−27.64
Cr	铬	298～1000	17.73	22.98	−0.377	−9.039	−6.351	−84.00
Cu	铜	298～1357	24.87	3.789	−1.390	0	−8.017	−110.2
Fe	铁(固-A)	298～800	28.19	−7.323	−2.897	25.06	−9.270	−133.9
	铁(固-A)	800～1000	−263.6	256.0	619.6	0	244.4	1621
Hg	汞(液)	298～630	30.40	−11.47	0	10.16	−8.637	−94.13
	汞(气)	630～3000	20.80	0	0	0	55.12	56.43
Mn	锰(固-A)	298～600	20.76	18.74	0	0	−7.017	−91.83
		600～980	24.02	13.47	0	0	−8.034	−109.6
Mo	钼	298～700	25.59	2.847	−2.186	0	−8.482	−119.2
		700～1500	33.93	−11.92	−9.211	6.963	−12.51	−166.0
Na	钠	298～371	14.80	44.26	0	0	−6.376	−46.30
	钠(液)	371～1156	37.49	−19.17	0	10.64	−8.022	−150.8
Ni	镍	298～500	19.10	23.51	0	0	−6.737	−85.90
		500～631	−251.3	356.7	259.6	0	138.8	1480
		631～640	467.5	−679.2	0	0	−149.8	−2533
		640～700	−386.0	404.5	655.0	0	276.9	2368
		700～1400	−10.88	54.70	56.51	−16.50	16.40	98.19
		1400～1726	36.22	0	0	0	−15.06	−184.0
Pb	铅	298～600	24.24	8.717	0	0	−7.612	−75.85
	铅(液)	600～1200	32.51	−3.091	0	0	−5.656	−113.7
Pt	铂	298～2043	24.27	5.380	0	0	−7.469	−98.19
Sn	锡(固-B)	298～505	21.61	18.11	0	0	7.243	−77.27
	锡(液)	505～800	21.55	6.150	12.89	0	3.894	−54.45
	锡(液)	800～2876	28.47	0	0	0	−1.285	−96.77

续表

分子式	名　称	适用温度/K	A	B	C	D	h_0	s_0
Ti	钛(固-A)	298～1155	22.17	10.29	0	0	−7.063	−98.72
U	铀(固-A)	298～ 941	27.41	−3.643	−0.959	27.29	−8.570	−106.5
V	钒	298～ 600	26.51	2.633	−2.114	0	−8.725	−124.1
		600～1400	16.72	12.68	11.44	0	−2.407	−65.62
W	钨	298～2500	22.93	4.689	0	0	−7.042	−99.33
Zn	锌	298～ 693	20.75	12.52	0.833	0	−6.460	−79.82
	锌(液)	693～1180	31.40	0	0	0	−3.643	−130.3
Zr	锆(固-A)	298～1135	21.99	11.64	0	0	−7.072	−89.81
	锆(固-B)	1135～2125	23.25	4.647	0	0	0.013	−87.24
	锆(液)	2125～4777	33.49	0	0	0	9.680	−146.0

表 4.1.39　汞的比焓　　单位：kJ/kg

温度/℃	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370
h	31.29	32.75	34.30	35.88	37.46	39.02	40.59	42.15	43.69	45.25	46.86	48.43	49.93	51.49	53.12	54.70	56.22	57.75
温度/℃	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550
h	59.59	60.82	62.42	63.97	65.44	67.16	68.68	70.21	71.74	73.33	74.87	76.46	78.07	79.57	81.18	83.61	90.42	103

表 4.1.40　钠的比焓　　单位：kJ/mol

形　态	固　体			液　体										气　体		
温度/K	298	300	371	371	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1156	298	300	400
比　焓	0	0.0502	2.1562	4.752	5.6731	8.7755	11.794	14.746	17.66	24.736	23.438	26.348	27.997	107.83	107.87	109.95
形　态	气　体															
温度/K	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
比　焓	112.03	114.11	116.19	118.27	120.35	122.43	124.51	126.59	128.67	130.75	132.83	134.91	136.99	137.81	141.15	143.23

表 4.1.41　汞和钠在饱和线上的比焓　　单位：kJ/kg

温度/℃		140	160	180	200	230	240	260	280	300	320	340	360
汞①	h''	321.36	323.49	325.65	328.00	330.41	332.47	334.65	336.76	339.05	341.32	343.32	345.61
温度/℃		380	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
汞	h''	347.89	350.13	355.83	361.32	366.83	371.99	376.91	381.33				
钠	h'		607.1	671.1	732.7	797.2	860.0	922.8	985.6	1048.8	1112.0	1175.7	1239.7
	h''		4903.6	4908.2	4911.5	4914.5	4917.8	4922.4	4929.1	4937.9	4949.2	4962.6	4978.9
温度/℃		950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
钠	h'	1304.6	1369.9	1436.5	1503.9	1572.1	1641.2	1711.1	1781.9	1853.5	1925.9	1999.2	2073.3
	h''	4997.4	5013.7	5040.1	5065.2	5093.7	5119.6	5148.9	5178.2	5208.8	5238.9	5270.3	5301.7

① 温度为 120℃时，其值为 319.2kJ/kg。

表 4.1.42　钾和锂在饱和线上的比焓　　单位：kJ/kg

项　目		温度/K														
		600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
钾	h'	481.1	557.7	634.3	710.5	787.5	865.8	946.2	1029.5	1116.2	1206.6	1301.3	1400.9	1506.4		
	h''	2634	2672	2703	2731	2758	2787	2816	2849	2884	2922	2963	3006	3047		
锂	h'			3166	3582	3998	4414	4829	5243	5656	6068	6479	6890	7301	7710	8120
	h''			25226	25387	25534	25617	25680	25735	25784	25840	25903	25989	26102	26209	26353

表 4.1.43　生成焓、燃烧焓和汽化焓　　单位：kJ/mol

项　目	银	铝	铍	铋	钙	铁	汞
25℃时理想气体标准生成焓	284.55	326.4	324.3	207.1	178.2	416.3	61.317
25℃时标准燃烧焓	—	—	−588	—	−633.232	369.656	—
常规沸点下的汽化焓	255.053	294	295.145	177.827	149.698	349.591	59.2004

续表

项　目	钾	锂	钠	钒	锌	锗	
25℃时理想气体标准生成焓	89.24	159.37	107.32	515.469	130.73	376.6	
25℃时标准燃烧焓	−182.081	−297.977	—	—	—	—	
常规沸点下的汽化焓	83.8728	147.8	89.348	452.435	114.749	334.489	

4.1.13　比　　熵

金属的定压摩尔比熵：

$$s=s_0+A\times\ln T+0.001BT-50000CT^{-2}+0.5\times10^{-6}DT^2\quad \text{J/(mol·K)}$$

式中，A、B、C、D 和 s_0 的数值见表 4.1.38。

表 4.1.44　汞的比熵　　单位：kJ/(kg·℃)

项　目	温度/℃								
	200	210	220	230	240	250	260	270	280
s'	0.0858	0.08889	0.09212	0.09542	0.09873	0.1017	0.1044	0.1071	0.1099
s''	0.716	0.7051	0.694	0.6834	0.6733	0.6635	0.6541	0.6432	0.6333
项　目	温度/℃								
	290	300	310	320	330	340	350	360	370
s'	0.1128	0.1156	0.1183	0.1209	0.1236	0.1262	0.1287	0.1312	0.1337
s''	0.6275	0.6266	0.621	0.6085	0.5981	0.5925	0.5867	0.5792	0.5731
项　目	温度/℃								
	380	390	400	410	420	430	440	450	460
s'	0.1375	0.1384	0.1409	0.1433	0.1453	0.1479	0.1499	0.1518	0.154
s''	0.5683	0.5622	0.557	0.5519	0.5469	0.5423	0.5371	0.533	0.5288
项　目	温度/℃								
	470	480	490	500	510	520	530	540	550
s'	0.1561	0.1583	0.1603	0.1626	0.1644	0.1665	0.1685	0.1704	0.172
s''	0.5245	0.5210	0.5163	0.5129	0.5094	0.5056	0.5013	0.4997	0.5017

表 4.1.45　钠的比熵　　单位：J/(mol·K)

形　态	固　体			液　体									
温度/K	298	300	371	371	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1156
比　熵	51.205	51.376	57.661	64.661	67.047	73.977	79.478	84.03	87.923	91.327	94.370	97.146	98.603

形　态	气　体								
温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000
比　熵	153.71	153.84	159.83	164.47	168.26	171.47	174.24	176.70	178.89

表 4.1.46　汞和钠在饱和线上的比熵　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃		140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
汞①	s'	0.0569	0.0632	0.0693	0.0760	0.0823	0.0868	0.0923	0.0973	0.1022	0.1070	0.1124	0.1160
	s''	0.7881	0.7591	0.7336	0.7102	0.6873	0.6701	0.6524	0.6367	0.6213	0.6094	0.5943	0.5838
温度/℃		380	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
汞①	s'	0.1209	0.1252	0.1350	0.1447	0.1539	0.1633	0.1707	0.1782				
	s''	0.5728	0.5627	0.5401	0.5217	0.5057	0.4919	0.4791	0.4684				
钠	s'		0.0000	0.0913	0.1758	0.2550	0.3291	0.3990	0.4652	0.5284	0.5887	0.6469	0.7025
	s''		6.3824	5.9507	5.5789	5.2565	4.9760	4.7315	4.5176	4.3296	4.1646	4.0185	3.8900
温度/℃		950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
钠	s'	0.7566	0.8093	0.8604	0.9102	0.9584	1.0053	1.0505	1.0944	1.1371	1.1786	1.2188	1.2581
	s''	3.7757	3.6743	3.5839	3.5039	3.4328	3.3658	3.3076	3.2548	3.2037	3.1585	3.1167	3.0815

① 温度为 120℃时，s'、s''分别为 0.0500kJ/(kg·℃)、0.8166kJ/(kg·℃)。

表 4.1.47　钾和锂在饱和线上的比熵　　　单位：kJ/(kg·K)

项目		温度/K														
		600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
钾	s'	2.3681	2.4861	2.5879	2.6779	2.7591	2.8340	2.9040	2.9705	3.0342	3.0970	3.1581	3.2184	3.2783		
	s''	5.9566	5.5056	5.1740	4.9228	4.7298	4.5804	4.4623	4.3698	4.2973	4.2408	4.1964	4.1621	3.9268		
锂	s'			9.056	9.546	9.986	10.379	10.743	11.074	11.380	11.664	11.928	12.175	12.414	12.636	12.845
	s''			36.626	33.771	31.510	29.655	28.119	26.837	25.757	24.849	24.066	23.413	22.852	22.370	21.964

表 4.1.48　一些金属单质 25℃时的绝对熵　　　单位：kJ/(K·kmol)

物料名	银	铝	铍	铋	钙	铁	汞
25℃时的绝对熵	173	164.43	136.16	186.896	154.775	180.49	174.85
物料名	钾	锂	钠	钒	锌	锗	
25℃时的绝对熵	160.34	138.781	153.712	182.187	160.87	167.8	

4.1.14　熔融热和汽化热

表 4.1.49　一些金属元素的熔融热和汽化热　　　单位：kJ/kg

元素符号	名称	溶解热	汽化热	元素符号	名称	溶解热	汽化热	元素符号	名称	溶解热	汽化热
Ag	银	104.6	2357	In	铟	28.5	2022	Re	铼	176.6	3800
Al	铝	393.6	9211	Ir	铱	3186.7	131①	Rh	铑	(211.6)	(4817)
Au	金	67.4	1712	K	钾	60.7	2077	Ru	钌	248.7	5620
Ba	钡	55.8	1100	La	镧	81.4	2878	Sb	锑	163.0	1590
Be	铍	114.6	18710	Li	锂	628.0	20516	Sc	钪	353.9	
Bi	铋	50.2	856	Lu	镥	110.0	1412	Sm	钐	72.4	
Ca	钙	232.8	3740	Mg	镁	372.6	5443	Sn	锡	60.3	3015
Cd	镉	54.0	1185	Mn	锰	266.7	4002	Sr	锶	95.5	1606
Ce	铈	63.2		Mo	钼	293.1	6804	Ta	钽	173.5	4164
Co	钴	280.5	6494	Na	钠	113.5	4212	Tb	铽	102.7	
Cr	铬	281.8	6712	Nb	铌	270.5		Tc	锝	237.4	5956
Cs	铯	15.9	603	Nd	钕	(75.5)	(1968)	Te	碲	137.2	397
Cu	铜	205.2	5401	Ni	镍	305.6	7202	Th	钍	69.1	2215
Dy	镝	105.5	1546	Np	镎	45.9		Ti	钛	183.8	8960
Er	铒	28.5	1752	Os	锇	154.1		Tl	铊	21.1	795
Eu	铕	(68.9)	(1157)	Pa	镤	(63.4)	(1993)	Tm	铥	98.8	1264
Fe	铁	314.0	6280	Pb	铅	24.3	879	U	铀	35.6	1950
Ga	镓	80.4	4246	Pd	钯	161.5		V	钒	411.2	8938
Gd	钆	98.4		Pr	镨	71.2		W	钨	255.4	4953
Ge	锗	466.8	4609	Pt	铂	100.9	2296	Y	钇	188.0	
Hf	铪	136.1	3706	Pu	钚		1368	Yb	镱	48.2	
Hg	汞	11.3	293	Ra	镭	37.0	606	Zn	锌	113.0	1765
Ho	钬	(104.1)	(1523)	Rb	铷	25.5	888	Zr	锆	252.5	5736

① 真空中。

表 4.1.50　汞和钠在饱和线上的汽化热　　　单位：kJ/kg

温度/℃	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
汞①	301.97	301.40	300.89	300.30	299.71	299.22	298.68	298.12	297.57	296.98	296.33	295.81
温度/℃	380	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
汞①	295.23	294.63	293.03	291.39	289.42	287.27	284.78	281.88				
钠		4296.5	4237.5	4177.2	4116.0	4053.2	3999.6	3941.0	3889.5	3837.2	3787.4	3739.2

续表

温度/℃	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
钠	3692.8	3647.5	3603.6	3561.3	3521.5	3478.0	3437.8	3396.3	3355.3	3313.0	3271.1	3228.4

① 温度为120℃时，其值为302.54kJ/kg。

表 4.1.51 钾和锂在饱和线上的汽化热 单位：kJ/kg

项目	温度/K														
	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
钾	2153	2113	2069	2021	1971	1920	1870	1819	1768	1716	1661	1604	1545		
锂			22061	21804	21536	21203	20852	20493	20127	19771	19424	19098	18787	18498	18233

表 4.1.52 一些金属单质的熔化热

物料名	银	铝	铍	铋	钙	铁	汞
熔化热/(kJ/mol)	11.94	10.711	11.72	11.36	8.54	13.81	2.2953
物料名	钾	锂	钠	钒	锌	锗	
熔化热/(kJ/mol)	2.335	3	2.602	22.84	7.385	31.8	

4.1.15 其他物性

表 4.1.53 钠的自由能 单位：kJ/mol

项目	固体			液体						
温度/K	298	300	371	371	400	500	600	700	800	900
自由能	−15.27	−15.49	−19.23	−19.23	−21.15	−28.21	−44.08	−52.68	−61.65	−70.93
项目	液体	气体								
温度/K	1000	298	300	400	500	600	700	800	900	1000
自由能	−80.51	62.002	61.718	46.017	29.797	13.155	−3.835	−21.13	−38.67	−56.45
项目	气体									
温度/K	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
自由能	−74.45	−92.62	−111.0	−129.5	−148.2	−166.9	−185.9	−204.9	−224.1	−243.4

表 4.1.54 一些金属单质的偏心因子和介电常数

(1) 偏心因子

物料名	银	铝	铍	铋	钙	铁	汞
偏心因子	0.149873	−0.305413	0.227396	−0.236579	0.116706	−0.010574	−0.16445
物料名	钾	锂	钠	钒	锌	锗	
偏心因子	−0.20283	−0.0556228	−0.10546	−0.186806	0.0459165	−0.0715024	

(2) 介电常数

名称	介电常数	名称	介电常数	名称	介电常数	名称	介电常数
钙	3.0	锆	12.0	铁铬合金	1.5～1.8	铁锰齐	5.0～5.2

表 4.1.55 一些金属单质的三相点温度和三相点压力

项目	银	铝	铍	铋	钙	铁	汞
三相点温度/K	1234	933.45	1556	544.54	1115	1811	234.29
三相点压力/Pa	0.21625	3.6463×10^{-7}	3.58288	1.89075×10^{-8}	208.906	3.61799	0.000292878
项目	钾	锂	钠	钒	锌	锗	
三相点温度/K	336.35	453.69	370.95	2190	692.73	1210.4	
三相点压力/Pa	0.000112972	2.25828×10^{-8}	1.28216×10^{-5}	3.10781	20.7049	0.000138219	

4.1.16 质量指标

表 4.1.56　试剂用还原铁粉的质量指标（HG/T 3473—2003）

项目	指标 分析纯	指标 化学纯	项目	指标 分析纯	指标 化学纯
含量(Fe)(质量分数)/% ≥	98.0	97.0	总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
水溶物(质量分数)/% ≤	0.03	0.1	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02
硫酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.1	0.5	外观	灰黑色粉末	
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.06	0.15			

用途：主要用作还原剂。铁盐制造。电子工业。

表 4.1.57　粉末冶金用还原铁粉的质量指标（GB/T 4136—94）

项目	指标				
	FHY80·23	FHY80·25	FHY100·25	FHY100·27	FHY·200
总铁(质量分数)/% ≥	98.00	98.00	98.50	98.50	98.00
Mn(质量分数)/% ≤	0.40	0.40	0.35	0.35	0.35
Si(质量分数)/% ≤	0.15	0.15	0.10	0.10	0.10
C(质量分数)/% ≤	0.07	0.05	0.03	0.03	0.10
S(质量分数)/% ≤	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
P(质量分数)/% ≤	0.030	0.030	0.020	0.020	0.030
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.40	0.40	0.30	0.25	0.50
氢损耗(质量分数)/% ≤	0.50	0.45	0.30	0.25	0.50
松装密度/(g/cm^3)	2.20～2.45	2.45～2.70	2.40～2.60	2.60～2.80	2.00～2.80
流动性/(s/50g) ≤	38	35	35	30	—
压缩性/(g/cm^3) ≥	6.40	6.45	6.60	6.70	—
>250μm(+60 目)	0	0	—	—	—
>180μm(+80 目)	≤3	≤3	0	0	—
>150μm(+100 目)	余量	余量	≤5	≤5	—
>75μm(+200 目)	余量	余量	余量	余量	≤5
<45μm(−325 目)	5～25	5～25	5～30	5～30	≥32

注：除牌号 FHY·200 外，其余牌号铁粉粒度小于 75μm，−200 目的粉末应为 40%～60%。

用途：主要用于粉末冶金制品，此外还用于电焊条、化工（催化剂、贵金属还原、合金添加、铜置换等）等。在化工生产及实验室作业中常用作优质还原剂。

表 4.1.58　高纯铜的质量指标（GB/T 26017—2010）

牌号	Cu/%≥	杂质	含量/%≤
HPCu-1	99.999	Li+Be+B+Na+Mg+Al+Si+P+S+K+Ca+Ti+V+Cr+Mn+Fe+Co+Ni+Zn+Ga+As+Se+Zr+Nb+Mo+Ag+Cd+Sn+Sb+Te+Au+Hg+Pb+Bi+Th+U	0.0001
HPCu-2	99.999		0.001
基本尺寸		条状——长×宽为(300×10)mm±1mm；厚度为(4±2)mm 或协商确定 块状——长×宽为(50×50)mm±1mm；厚度为(4±2)mm 或协商确定	
外观		同一批产品色泽一致；表面平整洁净，无结粒、电解液、油污等	

注：金属铜的含量由 100%减去上述 36 种主控杂质元素实测值的总和求得。

表 4.1.59 银的质量指标（GB/T 4135—2002） 单位：%（质量分数）

牌号	Ag	杂质含量≤								
	≥	Cu	Bi	Fe	Pb	Sb	Pd	Se	Te	杂质总和
IC-Ag99.99	99.99	0.003	0.0008	0.001	0.001	0.001	0.0	0.0	0.0	0.01
IC-Ag99.95	99.95	0.025	0.001	0.002	0.015	0.002	—	—	—	0.05
IC－Ag99.90	99.90	0.05	0.002	0.002	0.025	—	—	—	—	0.10

注：1. IC-Ag99.99、IC-Ag99.95 牌号，银的质量分数是以 100%减去表中杂质实测质量分数所得；IC-Ag99.90 牌号，银的质量分数是直接测定。

2. 铅系统回收银，IC-Ag99.99 牌号中的 Bi 质量分数可≤0.001%。

用途：是很多电子仪器和用品的原料；也用在电镀、制镜与感光器材。

表 4.1.60 工业金属钠的质量指标（GB 22379—2008）

项 目	指 标		
	优等品	一等品	合格品
主含量(以 Na 计)(质量分数)/% ≥	99.7	99.5	99.2
钾(K)(质量分数)/% ≤	0.04	0.10	—
钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.04	0.07	0.10
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.001	0.001
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.005	0.005
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.005	0.005
外观	银灰色(新切面银白色)块状		

注：碱法电解制得的工业金属钠，在正常生产时，其钙和钾含量每半年检验一次。

用途：氨钠法制氰化钠，置换氧化钾制金属钾，还原四氯化钛制海绵钛，配制铅钠合金生产四乙基铅，配制钾钠合金作冷却剂，生产过氧化钠作为漂白工业的漂白剂，生产氢化钠作为冶金工业锌铁板的去锈剂，与氨反应生成氨基钠作为染料工业制选靛蓝粉的中间体，生产硼氢化钠、原甲酸三甲酯、甲酸三乙酯等医药中间体。

表 4.1.61 金属钙的质量指标（GB 4861—1995） 单位：%（质量分数）

项 目	指 标					项 目	指 标				
	Ca-04	Ca-03	Ca-1	Ca-2	Ca-3		Ca-04	Ca-03	Ca-1	Ca-2	Ca-3
Ca ≥	99.99	99.9	99.5	99.0	98.5	Ni ≤	0.0005	0.001	0.002	0.004	0.005
Cl ≤	0.05	0.065	0.15	0.20	0.35	Mn ≤	0.0005	0.001	0.004	0.008	0.02
N ≤	0.0015	0.01	0.02	0.05	0.10	Si ≤	0.0005	0.002	0.004	0.008	0.01
Mg ≤	0.0005	0.012	0.03	0.10	0.30	Fe ≤	0.0005	0.001	0.005	0.02	0.03
Cu ≤	0.0005	0.005	0.01	0.03	0.08	Al ≤	0.0005	0.001	0.01	0.002	0.003

用途：在钢铁冶金行业中生产特种优质钢板时作为炉外精炼的添加剂；用于生产作为铅酸蓄电池负极板的铅钙合金；有色金属、稀土金属和难熔金属的冶炼中作为除氧或其他化学成分的还原剂；在医药行业中生产某些医药中间体时作为还原剂。

表 4.1.62 金属铬的质量指标（GB/T 3211—2008）

牌 号	化学成分(质量分数)/%								
	Cr	Fe	Si	Al	Cu	C	S	P	Pb
	≥	≤							
JCr99.2	99.2	0.25	0.25	0.10	0.003	0.01	0.01	0.005	0.0005
JCr99-A	99.0	0.30	0.25	0.30	0.005	0.01	0.01	0.005	0.0005
JCr99-B	99.0	0.40	0.30	0.30	0.01	0.02	0.02	0.01	0.0005
JCr98.5	98.5	0.50	0.40	0.50	0.01	0.02	0.02	0.01	0.0005
JCr98	98.0	0.80	0.40	0.80	0.02	0.05	0.03	0.01	0.001

续表

牌　号	化学成分(质量分数)/%							
	Sn	Sb	Bi	As	N		H	O
					Ⅰ	Ⅱ		
	≤							
JCr99.2	0.0005	0.0008	0.0005	0.001	0.01		0.005	0.20
JCr99-A	0.001	0.001	0.0005	0.001	0.02	0.03	0.005	0.30
JCr99-B	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05		0.01	0.50
JCr98.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.05		0.01	0.50
JCr98	0.001	0.001	0.001	0.001	—		—	—

注：1. 铬的质量分数为99.9%减去表中杂质实测值总和后的余量，其他未测杂质元素含量按0.1%计算。

2. 表中的“—”表示该牌号产品中无该元素要求。

用途：合金钢中会用到金属铬作为添加剂，同镍、钴、铁等金属可以构成高温合金、电热合金、精密合金等，用于航空、宇航、电器及仪表等工业部门。也用于电镀、制革等行业。

表 4.1.63　金属锰的质量指标（GB/T 2774—2006）

牌　号		化学成分(质量分数)/%					
		Mn	C	Si	Fe	P	S
		≥	≤				
电硅热法金属锰	JMn98	98.0	0.05	0.3	1.5	0.03	0.02
	JMn97-A	97.0	0.05	0.4	2.0	0.03	0.02
	JMn97-B	97.0	0.08	0.6	2.0	0.04	0.03
	JMn96-A	96.5	0.05	0.5	2.3	0.03	0.02
	JMn96-B	96.0	0.10	0.8	2.3	0.04	0.03
	JMn95-A	95.0	0.15	0.5	2.8	0.03	0.02
	JMn95-B	95.0	0.15	0.8	3.0	0.04	0.03
	JMn93	93.5	0.20	1.5	3.0	0.04	0.03
电解重熔金属锰	JCMn98	98.0	0.04	0.3	1.5	0.02	0.04
	JCMn97	97.0	0.05	0.4	2.0	0.03	0.04
	JCMn95	95.0	0.06	0.5	3.0	0.04	0.05

用途：用于生产锰钢、锰合金。在玻璃、干电池、高锰酸钾和一些颜料、肥料中也含有锰。

表 4.1.64　电解工业锰的质量指标（GB 3418—1982）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	一级品	二级品		一级品	二级品
锰(Mn)(质量分数)/%　≥	99.7	99.5	磷(P)(质量分数)/%　≤	0.005	0.010
碳(C)(质量分数)/%　≤	0.04	0.08	硫(S)(质量分数)/%　≤	0.06	0.10
硅、铁(Si+Fe)(质量分数)/%　≤	0.205	0.310	外观	浅灰色,金属光泽	

用途：是制造四氧化三锰的主体材料，也是生产不锈钢、高强度低合金钢、铝锰合金、铜锰合金等的重要合金元素，电焊条、铁氧体、永磁合金元素及许多医药化工用锰盐中也含有锰。

表 4.1.65 金属锂的质量指标（GB 4369—2007） 单位：%（质量分数）

牌号	Li ≥	杂质含量≤										
		K	Na	Ca	Fe	Si	Al	Ni	Cu	Mg	Cl^-	N
Li-1(高纯级)	99.99	0.0005	0.001	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.004
Li-2(低钠级)	99.95	0.001	0.010	0.010	0.002	0.004	0.005	0.003	0.001	0.00	0.005	0.010
Li-3(电池级)	99.90	0.005	0.020	0.020	0.005	0.004	0.005	0.003	0.004	0.00	0.006	0.020
Li-4(工业级)	99.00	—	0.200	0.040	0.010	0.040	0.020	—	0.010	—	—	—
Li-5(高钠级)	98.00	—	0.800～1.600	0.100	0.030	0.050	0.040	—	—	—	0.010	—

注：1. 锂的质量分数为100%减去表中杂质实测值总和后的余量。

2. 产品供货状态为 ϕ90mm×160mm 的圆柱锭，每个锭重约 500g。

用途：生产锂电池，用于受控核聚变反应堆，飞机制造业用铝锂合金和能源工业。

表 4.1.66 高纯锑的质量指标（GB/T 10117—2009）

项　目		指标 Sb-05	指标 Sb-06	项　目		指标 Sb-05	指标 Sb-06
Sb 含量(质量分数)/%	≥	99.999	99.9999	杂质含量/$\times10^{-6}$	Ni ≤	0.2	0.05
杂质总含量/$\times10^{-6}$	≤	10	1		Pb ≤	0.3	0.03
杂质含量/$\times10^{-6}$	Ag ≤	0.05	0.01		Zn ≤	0.5	0.05
	Au ≤	0.1	0.03		Mn ≤	0.05	0.01
	Cd ≤	0.5	0.01		As ≤	1.5	0.3
	Cu ≤	0.05	0.01		S ≤	0.5	0.1
	Fe ≤	0.5	0.05		Si ≤	1.0	0.1
	Mg ≤	0.2	0.05		Bi ≤	0.2	0.02

用途：主要用于制备Ⅲ～Ⅴ族化合物半导体 InSb、Bi2Sb、GaSb，高纯合金，电子制冷元件材料以及锗、硅单晶的掺杂剂。

表 4.1.67 高纯镍的质量指标（GB/T 26016—2010）

牌号	Cu/%≥	杂　质	含量/%≤
HPNi-1	99.999	Li+Be+B+Na+Mg+Al+Si+P+S+K+Ca+Ti+V+Cr+Mn+Fe+Co+Cu+Zn+	0.0001
HPNi-2	99.999	Ga+As+Se+Zr+Nb+Mo+Ag+Cd+Sn+Sb+Te+Au+Hg+Pb+Bi+Th+U	0.001
基本尺寸		长×宽为(50×50)mm±1mm、(100×100)mm±1mm；厚度为(3±2)mm 或协商确定	
外观		同一批产品色泽一致；表面平整洁净，无电解液、油污等	

注：金属镍的含量由100%减去上述36种主控杂质元素实测值的总和求得。

表 4.1.68 电解镍的质量指标（GB/T 6516—2010）

项　目		牌号 Ni9999	Ni9996	Ni9990	Ni9950	Ni9920
(Ni+Co)(质量分数)/% ≥		99.99	99.96	99.90	99.50	99.20
Co(质量分数)/% ≤		0.005	0.02	0.08	0.15	0.50
杂质含量(质量分数)/% ≤	C	0.005	0.01	0.01	0.02	0.10
	Si	0.001	0.002	0.002	—	—
	P	0.001	0.001	0.001	0.003	0.02
	S	0.001	0.001	0.001	0.003	0.02
	Fe	0.002	0.01	0.02	0.20	0.50
	Cu	0.0015	0.01	0.02	0.04	0.15
	Zn	0.001	0.0015	0.002	0.005	—
	As	0.0008	0.0008	0.001	0.002	—
	Cd	0.0003	0.0003	0.0008	0.002	—

续表

项目		牌号				
		Ni9999	Ni9996	Ni9990	Ni9950	Ni9920
杂质含量（质量分数）/%≤	Sn	0.0003	0.0003	0.0008	0.0025	—
	Sb	0.0003	0.0003	0.0008	0.0025	—
	Pb	0.0003	0.0005	0.0015	0.002	0.005
	Bi	0.0003	0.0003	0.0008	0.0025	—
	Al	0.001	—	—	—	—
	Mn	0.001	—	—	—	—
	Mg	0.001	0.001	0002	—	—
外形	平均厚度	≥3mm			—	—
	边缘	不得有树枝状结粒及密集气孔（允许修整）			—	—
	表面	洗净表面及夹层骨电解液，无污泥及油污等				
		不得有直径≥3mm 密集气孔，直径 3mm 密集气孔区总面积，不得超过镍板单面面积的 15%			—	—
		高度大于 3mm 的密集结粒区总面积，不得超过镍板单面面积的 15%			—	—

注：镍+钴含量由 100%减去表中所列元素的含量得出。

用途：主要用于制造不锈钢、高镍合金钢、合金结构钢、耐热钢和镍基合金、镍铬基合金以及永磁材料；还可作陶瓷颜料和防腐镀层；也用作氢化催化剂。

表 4.1.69　雾化镍粉的质量指标（YS/T 717—2009）

化学成分	牌号	Ni+Co（质量分数）/%≥	杂质含量（质量分数）/%≤								
			Co	Mg	S	Fe	Ca	C	Cu	氢损	杂质总和
	FNW1-3	99.5	0.05	0.005	0.003	0.04	0.03	0.03	0.03	0.3	0.5
	FNW4	99.2	0.1	0.015	0.005	—	0.035	0.05	0.05	0.4	0.8
物理性质	牌号	粒度组成/%								松装密度/(g/cm³)	
	FNW1	筛上 0.074mm≤5%				—				2.2～4.5	
	FNW2	筛上 0.104mm≤5%				筛下 0.051mm≤30%				2.0～4.5	
	FNW3	筛上 0.147 mm≤5%				筛下 0.053 mm≤30%				2.0～4.4	
	FNW4	筛上 0.245mm≤5%				筛下 0.089mm≤30%				2.0～4.2	

注：化学成分中镍含量以 100%减去 As、Cd、Pb、Zn、Sb、Bi、Sn、Co、Cu、Mn、Mg、si、Al、Fe、Ca、C、S 及氢损的量计算；

用途：雾化镍粉在特种焊条、表面喷涂、粉末冶金件中主要用于高密度合金、金刚石钻具、表面喷涂中。

表 4.1.70　烧结镍片的质量指标（YS/T 720—2009）

牌号	化学成分（质量分数）/%						
	Ni	Co	Cu	Fe	Ca	Mg	Pb
	≥	≤					
SNi1	99.90	0.005	0.008	0.008	0.008	0.008	0.005
SNi2	99.80	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SNi3	99.70	0.015	0.02	0.02	0.02	0.0	0.02
牌号	化学成分（质量分数）/%						
	Zn	Cd	Mn	Na	Al	Si	O
	≤						
SNi1	0.002	0.005	0.008	0.008	0.005	0.005	0.005
SNi2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1
SNi3	0.01	0.015	0.01	0.02	0.01	0.015	0.2

表 4.1.71 重熔用精铝锭的质量指标（YS/T 665—2009）

牌号	化学成分(质量分数)/%									
	Al	杂 质 ≤								
	≥	Fe	Si	Cu	Mg	Zn	Ti	Mn	Ga	其他每种
Al99.995	99.995	0.0010	0.0010	0.0015	0.0015	0.0005	0.0005	0.0007	0.0010	0.0010
Al99.993A	99.993	0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0010	0.0010	0.0008	0.0010	0.0010
Al99.993	99.993	0.0015	0.0015	0.0030	0.0025	0.0010	0.0010	0.0010	0.0012	0.0010
Al99.99A	99.990	0.0010	0.0010	0.0050	0.0020	0.0010	0.0010	0.0010	0.0012	0.0010
Al99.99	99.990	0.0030	0.0030	0.0050	0.0030	0.0010	0.0010	0.0010	0.0015	0.0010
Al99.98	99.980	0.0070	0.0070	0.0080	0.0030	0.0020	0.0020	0.0015	0.0020	0.0030
Al99.95	99.950	0.0200	0.0200	0.0100	0.0050	0.0050	0.0050	0.0020	0.0020	0.0100

注：1. 铝质量分数为100%与表中所列杂质元素及质量分数等于或大于0.0010%的其他杂质实测值总和的差值，求各前各元素值要表示到0.×××%，求和后将总和修约到0.0×××%。

2. 表中未规定的重金属元素Pb、As、Cd、Hg含量，供方可不作常规分析，每年至少检测一次，且应保证（Pb+Cd+Hg）≤0.0095%，As≤0.0090%，其他杂质元素由供需双方协商。

3. 分析数值判定采用修约比较法，按数值修约规则GB/T 8170第3章有有关规定进行，修约数位与表中所列极限数字一致。

表 4.1.72 镁粉（铣削法生产）的质量指标（GB/T 5149—2004）

项 目	粒 度			化学成分(质量分数)/%				
	筛网孔径 /μm	（质量分数） /%	松装密度 /(g/cm³)	活性镁 ≥	Fe ≤	Cl^- ≤	H_2O ≤	盐酸 不溶物
FM1	+500 +450 −250	0.3 2 8	0.35	98.5	0.2	0.005	01	0.2
FM2	+450 +315 −180	0.3 8 12	0.35	98.5	0.2	0.005	0.1	0.2
FM3	+450 +250 −140	0.3 8 12	0.38	98.5	0.2	0.005	0.1	0.2
FM4	+250 +180 −100	0.3 6 12	0.40	98.5	0.2	0.005	0.1	0.2
FM5	+160 +100	0.3 10	0.45	98.5	0.2	0.005	0.1	0.2

注：主要用途是烟火剂。筛网孔径“+”表示筛上物，“−”表示筛下物。

表 4.1.73 镁粉（铣削粉碎法生产）的质量指标（GB/T 5149—2004）

项 目	粒 度			化学成分(质量分数)/%				
	筛网孔径 /μm	（质量分数） /%	松装密度 /(g/cm³)	活性镁 ≥	Fe ≤	Cl^- ≤	H_2O ≤	盐酸 不溶物
FM6	+1600 +850 −400 −200	0.5 25 10 2	0.35	98.5	0.2	0.005	0.1	0.2
FM7	+1000 +850 −4.0 −2.0	0.5 50 5 2	0.35	98.5	0.2	0.005	0.1	0.2

续表

项　目	粒　度		松装密度/(g/cm³)	化学成分(质量分数)/%				
	筛网孔径/μm	(质量分数)/%		活性镁 ≥	Fe ≤	Cl^- ≤	H_2O ≤	盐酸不溶物
FM8	+800 +500 −200	1.5 40 1.5	0.38	98.5	0.2	0.005	0.1	0.2
FM9	+450 +250 −140	0.3 8 12	0.40	98.0	0.2	0.005	0.1	0.2
FM10	+200 +154 −60	0.3 7 15	0.40	96.5	0.2	0.005	0.1	0.2
FM11	+76 +60	5 15	0.45	95.5	0.2	0.005	0.1	0.2

注：主要用途是炼钢脱硫剂和烟火剂。筛网孔径“+”表示筛上物，“−”表示筛下物。

表 4.1.74　锌粉的质量指标（GB/T 6890—2000）

项　目			分级 一级	二级	三级	四级
主品位	全锌(质量分数)/%	≥	98	98	96	92
	金属锌(质量分数)/%	≥	96	94	92	88
杂质	Pb(质量分数)/%	≤	0.1	0.2	0.3	—
	Fe(质量分数)/%	≤	0.05	0.2	—	—
	Cd(质量分数)/%	≤	0.1	0.2	—	—
	酸不溶物	≤	0.2	0.2	0.2	0.2

注：1. 以含锌物为原料生产的四级锌粉，其含硫量应不大于0.5%

2. 用途：铁制品防锈的电镀、干电池、涂料和保险粉生产

筛余物≤ 规格	最大粒径/μm	含量(质量分数)/%	粒度分布/%≥ <30μm	<10μm
FZn30	45	—	99.5	80
FZn45	90	0.3	—	—
FZn90	125	0.1	—	—
FZn125	200	1.0	—	—

注：1. 用作与饮用水相接触的涂料时，杂质和镉的含量应分别不大于0.01%

2. 生产立德粉用的锌粉，铅含量可不作规定；生产保险粉用的锌粉，除金属和筛余物外，其他成分可不作规定

表 4.1.75　试剂用无砷锌粒的质量指标（GB/T 2304—2008）

项　目		指标	项　目		指标
硫酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.04	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.01
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.01	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00001
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.01			

表 4.1.76　铱粉的质量指标（GB/T 1422—2004）　单位：%（质量分数）

项　目		指标 SmIr. 99	SmIr. 95	SmIr. 9	项　目		指标 SmIr. 99	SmIr. 95	SmIr. 9
铱含量	≥	9999	99.95	999	Fe	≤	0.002	0.005	0.01
Pt	≤	0.003	0.02	0.03	Ni	≤	0.001	0.005	0.01
Ru	≤	0.003	0.02	0.04	Al	≤	0.003	0.005	0.01
Rh	≤	0.003	0.02	0.03	Pb	≤	0.001	0.005	0.01
Pd	≤	0.001	0.01	0.02	Mn	≤	0.002	0.005	0.01
Au	≤	0.001	0.01	0.02	Mg	≤	0.002	0.005	0.01
Ag	≤	0.001	0.005	0.01	Zn	≤	0.001	0.005	0.01
Cu	≤	0.002	0.005	0.01	Si	≤	0.003	0.005	0.01

注：1. 未规定的元素和挥发物的控制限及分析方法，由供需双方共同协商确定。

2. Ca 为非必测元素。

用途：纯铱用在飞机火花塞中，多用于制作科学仪器、热电偶、电阻线等。纯可增强其他金属的硬度和抗腐蚀性。10%的 Ir 和 90%的 Pt 常用来制造国际标准米尺，世界上的千克原器也是由铂铱合金制作的。

表 4.1.77 钼粉的质量指标（GB/T 3461—2006）

项目	指标		项目	指标	
	Fmo-1	Fmo-2		Fmo-1	Fmo-2
Mo 质量分数/% ≥	99.90	99.50	Cu 质量分数/% ≤	0.0010	0.0010
Pb 质量分数/% ≤	0.0005	0.0005	Al 质量分数/% ≤	0.0015	0.0050
Bi 质量分数/% ≤	0.0005	0.0005	Si 质量分数/% ≤	0.0020	0.0050
Sn 质量分数/% ≤	0.0005	0.0005	Ca 质量分数/% ≤	0.0015	0.0030
Sb 质量分数/% ≤	0.0010	0.0010	Mg 质量分数/% ≤	0.0020	0.0040
Cd 质量分数/% ≤	0.0005	0.0005	P 质量分数/% ≤	0.0010	0.0030
Fe 质量分数/% ≤	0.0050	0.020	C 质量分数/% ≤	0.0050	0.010
Ni 质量分数/% ≤	0.0030	0.0050	N 质量分数/% ≤	0.015	0.020
型号	平均粒度范围/μm	氧的质量分数/%≤	型号	平均粒度范围/μm	氧的质量分数/%≤
05	0.5～1	0.30	40	＞4～6	0.15
10	＞1～2	0.25	60	＞6～10	0.10
20	＞2～4	0.20			
外观	钼粉呈灰色,不得有肉眼可见夹杂物				

注：Mo 的含量按表中所列元素差减，非金属元素除外。

用途：广泛应用于粉末冶金、焊材、金刚石工具、钼质品等。高纯钼粉广泛应用于溅射镀膜、钢铁工业、冶金行业、航天航空领域、电子工业、原子能工业、轻化工业等行业，用于加工钼线材、钼丝、钼板材、电子元件、纯钼或钼合金烧结制品等的原料，还可用作精密合金的添加剂；是生产钼坩埚、钼顶头、圆钼棒、钼大板坯产品的主要原料。

表 4.1.78 钨粉的质量指标（GB/T 3458—2006）

杂质(质量分数)/%	FW-1	FW-2	FWP-1
	适用于碳化钨粉用原料、大型板坯、加工用材等	适用于触头合金、高密度屏蔽材料	适用于等离子喷镀材料
Fe	粒度＜10μm:0.0050 粒度≥10μm:0.010	0.030	0.030
Al	0.0010	0.0040	0.0050
Si	0.0020	0.0050	0.010
Mg	0.0010	0.0040	0.0040
Mn	0.0010	0.0020	0.0040
Ni	0.0030	0.0040	0.0050
As	0.0015	0.0020	0.0020
Pb	0.0001	0.0005	0.0007
Bi	0.0003	0.0005	0.0007
Sn	0.0003	0.0005	0.0007
Sb	0.0010	0.0010	0.0010
Cu	0.0007	0.0010	0.0020
Ca	0.0020	0.0040	0.0040
Mo	0.0050	0.010	0.010
K+Na	0.0030	0.0030	0.0030
P	0.0010	0.0040	0.0040
C	0.0050	0.010	0.010
O	随产品规格而异,见下方		0.20

续表

产品规格	平均粒度范围/μm	氧质量分数(质量分数)/%≤	产品规格	平均粒度范围/μm	氧质量分数(质量分数)/%≤
04	BET:<0.10	0.80	40	Fass:4.0～5.0	0.25
06	BET:0.10～0.20	0.50	50	Fass:5.0～7.0	0.20
08	Fass:0.8～1.0	0.40	70	Fass:7.0～10.0	0.20
10	Fass:1.0～1.5	0.30	100	Fass:10.0～15.0	0.20
15	Fass:1.5～2.0	0.30	150	Fass:15.0～20.0	0.10
20	Fass:2.0～3.0	0.25	200	Fass:20.0～30.0	0.10
30	Fass:3.0～4.0	0.25	300	Fass:30.0	0.10

注：1. BET 按 GB/T 2596 比表面积（平均粒度）测定（简化氮吸附法）。

2. Fass 按 GB/T 3249 难熔金属及碳化物粉末粒度测定方法——费氏法测定。

3. FW-1、FW-2 呈浅灰色或深灰色，FWP-1 呈亮灰色；产品无肉眼可见夹杂物。

4. FWP-1 粒度在 0.075mm（−200 目）～0.045mm（+320 目）的粉末质量不少于 80%，松装密度为 4.0～8.0g/cm³。

用途：制作硬质合金、金刚石工具、高密度合金、钨铼热电偶原料、触头合金等。

表 4.1.79　金属钴的质量指标（YS/T 255—2009）

项目		牌号					
		Co9998	Co9995	Co9980	Co9955	Co9925	Co9830
Co(质量分数)/%≥		99.98	99.95	99.80	99.65	99.25	98.30
杂质含量(质量分数)/%≤	C	0.004	0.005	0.007	0.009	0.03	0.1
	S	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.01
	Mn	0.001	0.005	0.008	0.01	0.07	0.1
	Fe	0.002	0.006	0.02	0.05	0.2	0.5
	Ni	0.005	0.010	0.01	0.2	0.3	0.5
	Cu	0.001	0.005	0.008	0.02	0.03	0.08
	As	0.0003	0.0007	0.001	0.002	0.002	0.005
	Pb	0.0003	0.0005	0.0007	0.001	0.002	—
	Zn	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	—
	Si	0.001	0.003	0.003	—	—	0.00
	Cd	0.0002	0.0005	0.0008	0.001	0.001	—
	Mg	0.001	0.002	0.002	—	—	—
	P	0.0005	0.001	0.002	0.003	—	—
	Al	0.001	0.002	0.003	—	—	—
	Sn	0.0003	0.0005	0.001	0.003	—	—
	Sb	0.0002	0.0006	0.001	0.002	—	—
	Bi	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	—	—
	杂质总和	0.02	0.05	0.20	0.35	0.75	1.70

注：Co9925 以上牌号钴含量由 100%减去表中所列杂质元素的含量计算所得，Co9830 牌号钴含量直接测定。

用途：钴合金可以制造喷气飞机、火箭的推进器和其他在高温下运转的装置。可作耐酸合金的添加元素。它的放射性同位素则可用来治疗癌症。其他化合物可用作催化剂。^{60}Co 是一种放射源，可以探测物体内部存在的裂缝和异物。

表 4.1.80　高纯钴的质量指标（GB/T 26018—2010）

牌号	Co 含量(质量分数)/%≥	杂质含量(质量分数)/%≤	块状尺寸	外观
HPCo-1	99.9999	0.0001	(50×50)mm±1mm 厚度(3±2)mm	表面平整洁净,无电解液、油污等,同一批产品色泽一致
HPCo-2	99.999	0.001		

注：杂质包括 Li、Be、B、Na、Mg、Al、Si、P、S、K、Ca、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Ge、As、Se、Zr、Nb、Mo、Ag、Cd、Sn、Sb、Te、Au、Hg、Pb、Bi、Th、U。

用途：高纯钴用于制造 X 射线管阴极和一些特殊制品。

表 4.1.81 烧结钴片的质量指标（YS/T 721—2009）

牌号	Co(质量分数)/%≥	杂质含量(质量分数)/%≤												
		Ni	Cu	Fe	Ca	Mg	Pb	Zn	Cd	Mn	Na	Al	Si	O
Sco1	99.90	0.010	0.008	0.005	0.008	0.005	0.005	0.008	0.001	0.002	0.005	0.005	0.008	0.05
Sco2	99.80	0.020	0.008	0.010	0.010	0.008	0.005	0.010	0.005	0.008	0.008	0.008	0.010	0.10
Sco3	99.70	0.030	0.010	0.020	0.015	0.010	0.005	0.010	0.010	0.008	0.020	0.020	0.015	0.20

注：钴含量为100%减去表中非氧杂质实测总和的余量。

表 4.1.82 高纯镓的质量指标（GB/T 10118—2009）

牌号	化学成分(质量分数)/%													
	Ga ≥	杂质含量/$\times10^{-6}$ ≤												
		Fe	Si	Pb	Zn	Sn	Mg	Cu	Mn	Cr	Ni	Na	Ca	总和
Ga-06	99.9999	3	5	3	3	3	3	2	3	3	3	—	—	100
Ga-07	99.99999	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	10
MBE 级	99.999999	除了基体 Ga 和离子源 Ta,其他检出杂质的含量,都低于 GDMS 分析的检测极限												

注：1. 表中镓百分含量为100%减去表中所列杂质含量（质量分数）的总和。

2. 表中未列的其他杂质元素，可由供需双方确定。

用途：高纯镓主要用于制备 GaAs、GaN、Gap 等Ⅲ～Ⅴ族化合物半导体、高纯合金、核反应堆的热载体等，也可用作单晶硅、单晶锗掺杂元素。

表 4.1.83 金属铊的质量指标

项目	指标(质量分数)/%			项目	指标(质量分数)/%		
	Tl-1	Tl-2	Tl-3		Tl-1	Tl-2	Tl-3
铊 ≥	99.99	99.9	99	In ≤	0.0005	—	—
Pb ≤	0.003	0.03	—	Al ≤	0.001	—	—
Zn ≤	0.001	0.01	—	Si ≤	0.001	—	—
Cu ≤	0.001	0.01	—	Hg ≤	0.002	0.02	—
Fe ≤	0.001	0.01	—	杂质总量 ≤	0.01	0.1	1
Cd ≤	0.001	0.03	—	外观	银白色四方晶金属		

注：牌号 Tl-1、Tl-2 的含量为100%减去表中杂质总量的余量，牌号 Tl-3 铊的含量为直接分析测定值。铊以长方梯形锭状供应，锭表面凹坑不大于（30mm×5mm×2mm），每锭质量为200～700g。

用途：医药中间体，用于制光电管，低温计，光学玻璃，也用于制铊的化合物。

表 4.1.84 金属碲的质量指标（GB/T 1176—1979）

项目	指标(质量分数)/%			项目	指标(质量分数)/%		
	Te-1	Te-2	Te-3		Te-1	Te-2	Te-3
Te ≥	99.99	99.9	99	Si ≤	0.001	0.003	—
Gu ≤	0.001	0.004.	—	S ≤	0.001	0.01	—
Pb ≤	0.002	0.005	—	Se ≤	0.002	0.05	—
Al ≤	0.001	0.003	—	As ≤	0.0005	0.001	—
Bi ≤	0.001	0.002	—	Mg ≤	0.001	0.002	—
Fe ≤	0.001	0.005	—	杂质 ≤	0.01	0.1	1
Na ≤	0.003	0.006	—	外观	银灰色锭块,表面洁净,无肉眼可见夹杂物		

注：Te-1、Te-2 的含量为100%减去表中杂质总量的余量，Te-3 的含量为直接分析测定值。产品以长方梯形锭状供应，每锭重1～5kg。

表 4.1.85　高纯锑的质量指标

项　　目		指标(最大质量)/$\times10^{-6}$			
		Sb-4N	Sb-5N	Sb-6N	Sb-7N
Ag	≤	1.0	0.05	0.01	0.002
Au	≤	1.0	0.20	0.05	0.020
As	≤	10	0.50	0.30	0.020
Cd	≤	2.0	1.00	0.01	0.003
Cu	≤	1.0	0.05	0.01	0.002
Fe	≤	2.0	0.50	0.05	0.001
Mg	≤	2.0	0.20	0.05	0.005
Ni	≤	1.0	0.20	0.05	0.005
Pb	≤	10	0.50	0.05	0.005
Zn	≤	5.0	0.50	0.05	0.020
S	≤	20	0.50	0.10	—
Si	≤	5.0	1.00	0.10	—
Bi	≤	5.0	0.20	0.02	0.001
Mn	≤	1.0	0.05	0.01	0.001
总计极值		100	10	1	0.1
粒度		3～25mm 占 90%(最小)			

用途：用于制备Ⅲ～Ⅴ族化合物半导体、高纯合金、硫化锑、制冷元件和硅、锗单晶的掺杂剂等。

表 4.1.86　铑粉的质量指标（GB/T 1421—2004）

项　　目		指标(质量分数)/%			项　　目		指标(质量分数)/%		
		SM-Rh99.99	SM-Rh 99.95	SM-Rh 99.9			SM-Rh99.99	SM-Rh 99.95	SM-Rh 99.9
铑含量	≥	99.99	99.95	99.9	Al	≤	0.003	0.005	0.01
Pt	≤	0.003	0.02. •	0.03	Pb	≤	0.001	0.005	0.01
Ru	≤	0.003	0.02	0.04	Mn	≤	0.002	0.005	0.01
Ir	≤	0.003	0.02	0.03	Mg	≤	0.002	0.005	0.01
Pd	≤	0.001	0.01	0.02	Sn	≤	0.001	0.05	0.01
Au	≤	0.001	0.02	0.03	Si	≤	0.003	0.005	0.01
Ag	≤	0.001	0.005	0.01	Zn	≤	0.002	0.005	0.01
Cu	≤	0.001	0.006	0.01	Ca	≤	—	—	—
Fe	≤	0.002	0.005	0.01	杂质总量	≤	0.01	0.05	0.1
Ni	≤	0.001	0.005	0.01	外观		灰白色面心立方体结晶金属		

注：1. 未规定的元素和挥发物的控制限及分析方法，由供需双方共同协商确定。

2. Ca 为非必测元素。

用途：可用来制造加氢催化剂、热电偶、铂铑合金等。也常镀在探照灯和反射镜上。还用来作为宝石的加光抛光剂和电的接触部件。

表 4.1.87　锗单晶的质量指标（GB/T 5238—1995）

<table>
<tr><th rowspan="3">导电
型号</th><th rowspan="3">掺杂剂</th><th colspan="4">电阻率</th><th colspan="2">直径/mm</th><th rowspan="3">长度
/mm</th></tr>
<tr><th rowspan="2">范围
/Ω·cm</th><th colspan="3">允许偏差/%≤</th><th rowspan="2">范围</th><th rowspan="2">允许偏差
/%≤</th></tr>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr>
<tr><td rowspan="3">P</td><td>Ga</td><td>0.1～45</td><td rowspan="4">15</td><td rowspan="4">20</td><td rowspan="4">25</td><td>28～40</td><td rowspan="4">10</td><td rowspan="4">40～100</td></tr>
<tr><td>In</td><td>0.1～45</td><td>28～40</td></tr>
<tr><td>Au+Ga(In)</td><td>0.5～5</td><td>≥20</td></tr>
<tr><td>N</td><td>Sb</td><td>0.1～45</td><td>28～40</td></tr>
</table>

用途：主要用于红外光学材料，红外窗口及透镜，半导体材料，CO_2 激光器等。

表 4.1.88 海绵铂的质量指标（GB/T 1419—2004）

项目		指标(质量分数)/%			项目		指标(质量分数)/%		
		SM-Pt 99.99	SM-Pt 99.95	SM-Pt 99.9			SM-Pt 99.99	SM-Pt 99.95	SM-Pt 99.9
铂含量	≥	99.99	99.95	99.9	Pb	≤	0.002	0.005	0.01
Pt	≤	0.003	0.01	0.03	Mn	≤	0.002	0.005	0.01
Rh	≤	0.003	0.02	0.03	Cr	≤	0.002	0.005	0.01
Ir	≤	0.003	0.02	0.03	Mg	≤	0.002	0.005	0.01
Ru	≤	0.003	0.02	0.04	Sn	≤	0.002	0.005	0.01
Au	≤	0.003	0.01	0.03	Si	≤	0.003	0.005	0.01
Ag	≤	0.001	0.005	0.01	Zn	≤	0.002	0.005	0.01
Cu	≤	0.001	0.005	0.01	Bi	≤	0.002	0.005	0.01
Fe	≤	0.001	0.005	0.01	Ca	≤	—	—	—
Ni	≤	0.001	0.005	0.01	杂质总量	≤	0.01	0.05	0.1
Al	≤	0.003	0.005	0.01	外观		银白色面心立方结晶		

注：1. 未规定的元素和挥发物的控制限及分析方法，由供需双方共同协商确定。
2. Ca 为非必测元素。

表 4.1.89 海绵钛的质量指标（GB/T 2524—2002） 单位：%

项目		产品等级/产品牌号					
		0 级 MHTi-100	1 级 MHTi-110	2 级 MHTi-125	3 级 MHTi-140	4 级 MHTi-160	5 级 MHTi-200
钛	≥	99.7	99.6	99.5	99.3	99.1	98.5
Fe	≤	0.06	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Si	≤	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06
Cl	≤	0.06	0.08	0.10	0.15	0.15	0.30
C	≤	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05
N	≤	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.10
O	≤	0.06	0.08	0.10	0.15	0.20	0.30
Mn	≤	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.08
Mg	≤	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.15
H	≤	0.005	0.005	0.005	0.010	0.012	0.030
HB10/14700/30	≤	100	110	135	155	175	200

注：钛的含量为 100%减去表中杂质总量的余量。

用途：海绵钛精炼后可制成钛锭、钛棒等金属钛材；进行机械研磨后可制成钛粉成镀膜材料，与其他金属可合成钛合金粉末等。

表 4.1.90 海绵钯的质量指标（GB/T 1420—2004）

项目		指标(质量分数)/%			项目		指标(质量分数)/%		
		SM. Pd 99.99	SM. Pd 99.95	SM. Pd 99.9			SM. Pd 99.99	SM. Pd 99.95	SM. Pd 99.9
钯含量	≥	99.99	99.95	99.9	Pb	≤	0.002	0.005	0.01
Pt	≤	0.003	0.02	0.03	Mn	≤	0.002	0.005	0.01
Rh	≤	0.002	0.02	0.03	Cr	≤	0.002	0.005	0.01
Ir	≤	0.002	0.02	0.03	Mg	≤	0.002	0.005	0.01
Ru	≤	0.003	0.02	0.04	Sn	≤	0.002	0.005	0.01
Au	≤	0.002	0.01	0.03	Si	≤	0.003	0.005	0.01
Ag	≤	0.001	0.005	0.01	Zn	≤	0.002	0.005	0.01
Cu	≤	0.001	0.005	0.01	Bi	≤	0.002	0.005	0.01
Fe	≤	0.001	0.005	0.01	Ca	≤	—	—	—
Ni	≤	0.001	0.005	0.01	杂质总量	≤	0.01	0.05	0.1
Al	≤	0.003	0.005	0.01	外观		银白色面心立方结晶		

注：1. 未规定的元素和挥发物的控制限及分析方法，由供需双方共同协商确定。
2. Ca 为非必测元素。

用途：大量用于氢气净化装置，钯银金镍合金管或膜制成钯管束（膜），从气体中分离氢可使氢气纯度提高到 99.9999999%。钯银合金可做精密电阻，接触电阻低、耐磨、耐腐蚀，稳定性好，也用于制造电接点材料。钯银浆料用于厚膜电路制造。

表 4.1.91　铟锭的质量指标（YS/T 257—2009）　单位：%（质量分数）

牌号	化学成分					
	In⩾	Cu⩽	Pb⩽	Zn⩽	Cd⩽	Fe⩽
In99995	99.995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
n9999	99.99	0.0005	0.001	0.0015	0.0015	0.0008
n9980	98.0	0.15	0.10	—	0.15	0.15
牌号	化学成分					
	Ti⩽	Sn⩽	As⩽	Al⩽	Bi⩽	
In99995	0.0005	0.0010	0.0005	0.0005	—	
n9999	0.001	0.0015	0.0005	0.0007	—	
n9980	0.05	0.2	—	—	1.5	

注：前两种牌号的含量为 100%减去上表中所列杂质总和的余量，后者为直接测量值。

表 4.1.92　金属钪的质量指标(GB/T 16476—2010)　单位：%（质量分数）

项　目		产品牌号			
		164055	164050	164045	164040
RE⩾		99.95	99.95	99.9	99.9
Sc/RE⩾		99.9995	99.999	99.995	99.99
稀土杂质⩽	(La+Ce+Pr+Nd+Sm+Eu+Gd+Tb+Dy+Ho+Er+Tm+Yb+Lu+Y)/RE	0.00050	0.0010	0.050	0.010
非稀土杂质	Si	0.0010	0.0030	0.0040	0.0080
	Fe	0.0030	0.0080	0.010	0.015
	Ca	0.0015	0.0030	0.0050	0.010
	Al	0.0020	0.0030	0.0040	0.0050
	Th	0.00050	0.0020	0.0025	0.0030
	Ta	0.0020	0.0050	0.0080	0.010
	Cu	0.0010	0.0015	0.0020	0.0025
	Mg	0.00050	0.0010	0.0015	0.0020
	Ni	0.0025	0.0045	0.0050	0.0080
	Zr	0.0010	0.0025	0.0040	0.0080
外观	一般为蒸馏结晶块状，也可为铸态块状，表面洁净，无肉眼可见夹杂物的氯化物脱落粉尘				

注：1. RE 含量为 100%减去非稀土杂质含量（质量分数）的和。
2. Sc/RE 含量为 100%减去稀土杂质的和/RE 的质量分数。

表 4.1.93　金属镧的质量指标（GB/T 15677—2010）　单位：%（质量分数）

项　目		14030	14025	14020	项　目		14030	14025	14020
RE ⩾		99.5	99	98	非稀土杂质⩽	Al	0.02	0.05	0.07
La/RE ⩾		99.9	99.5	99		C	0.03	0.05	0.05
稀土杂质/RE ⩽		0.1	0.5	1.0		S	0.01	0.02	—
非稀土杂质⩽	Fe	0.10	0.20	0.30		P	0.01	0.01	—
	Si	0.03	0.03	0.05		Zn	0.01	0.03	—
	Ca	0.01	0.02	0.02		Cl^-	0.03	0.03	—
	Mg	0.02	0.05	0.05	外观	铸态银灰色金属，表面洁净，无明显机械杂质			

（产品牌号：14030、14025、14020）

表 **4.1.94 金属钕的质量指标**（GB/T 9967—2010）　　单位：%（质量分数）

项目		044030	044025	044020A	044025B	项目		044030	044025	044020A	044025B
		产品牌号						产品牌号			
RE ≥		99.5	99.0	99.0	98.5	非稀土杂质≤	Al	0.03	0.05	0.05	0.05
Nd/RE ≥		99.9	99.5	99.0	99.0		O	0.03	0.05	0.05	0.05
稀土杂质/RE ≤		0.1	0.5	1.0	1.0		Mo	0.03	0.05	0.05	0.05
非稀土杂质≤	C	0.03	0.03	0.05	0.05		0.0	0.02	0.05	0.05	0.05
	Fe	0.2	0.3	0.5	1.0		0.0	0.01	0.02	0.02	0.03
	Si	0.03	0.05	0.05	0.05		0.0	0.01	0.01	0.01	0.01
	Mg	0.01	0.02	0.02	0.03		0.0	0.01	0.03	0.05	0.05
	Ca	0.01	0.02	0.02	0.03	外观	铸态银灰色金属，表面洁净，无明显杂质和氧化脱落粉末				

表 **4.1.95 金属镨的质量指标**（GB/T 19395—2003）　　单位：%（质量分数）

项目		034030	034025	034020A	034020B
		牌号			
RE ≥		99.5	99.5	99	99
Pr/RE ≥		99.9	99.5	99	99
稀土杂质≤	(La+Ce+Nd+Sm+Y)/RE	0.1	0.5	1	1
非稀土杂质≤	Fe	0.08	0.12	0.15	0.30
	Si	0.03	0.05	0.05	0.05
	Ca	0.01	0.01	0.02	0.03
	Mg	0.01	0.01	0.02	0.03
	Al	0.03	0.05	0.05	0.10
	Ca	0.03	0.03	0.05	0.05
	O	0.03	0.05	0.05	0.05
	Mo	0.03	0.05	0.05	0.05
	W	0.03	0.05	0.05	0.05
	Cl	0.01	0.01	0.03	0.03
	Si	0.01	0.01	0.01	0.02
	P	0.02	0.03	0.05	0.05
外观	铸态银灰色金属，表面洁净，无明显杂质和氧化脱落粉末				

表 **4.1.96 金属铽的质量指标**（GB/T 20893—2007）　　单位：%（质量分数）

牌号	RE ≥	Tb/RE ≥	稀土杂质 (Eu+Dy+Nd+Ho+Y)/RE	非稀土杂质含量 Fe	Si	Ca	Al	Cu	Ni	W+Ta+Nb+Mo+Ti	C	O
094040	99.0	99.99	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05
094030	99.0	99.9	0.1	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.10	0.02	0.15
094025	99.0	99.5	0.5	0.10	0.06	0.05	0.05	0.05	0.08	0.20	0.03	0.20
094020	99.0	99.0	1.0	0.15	0.08	0.10	0.10	0.05	0.10	0.30	0.05	0.20
094015	99.0	98.5	1.5	0.20	0.10	0.15	0.20	0.10	0.10	0.35	0.05	0.25

表 **4.1.97 镨钕合金的质量指标**（GB/T 20892—2007）　　单位：%（质量分数）

牌号	RE ≥	Pr/RE	Nd/RE	稀土杂质 La/RE	Ce/RE	Sm/RE	非稀土杂质含量 Fe	Si	Mg	Ca	Al	Mo+W	S	C	O
045080	99	20±	80±2												
045075	99	25±2	75±2	0.1	0.1	0.05	0.3	0.05	0.02	0.02	0.1	0.05	0.01	0.05	0.05
045070	99	30±2	70±2												
外观				铸态合金，新截面为银灰色，表面洁净，无杂质物和氧化脱落粉末											

4.2 金属氧化物

4.2.1 物 性 总 览

表 4.2.1 金属氧化物的物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgO	氧化高银	123.87	暗灰	立		7440	// 100	炸 110	—		×S、N′	×NH_4OH		×$HClO_4$
Ag_2O	氧化银	231.74	棕褐	立		7143[17]	// 300		0.0013[20]	0.0053[80]	×	+NH_4OH	—	—NH_3;+KCN,NH_4CO_3
Ag_2O_2	过氧化银	247.74	黑	八		7440	// 110		—		×S、N	×NH_4OH		
Al_2O_3	三氧化铝	101.96	白	三	1.768	3965	2045	2980	—		÷÷	÷		+浓硫酸
Al_2O_3	三氧化铝	101.96	无	六	～1.675	3990	2016	2980	0.0001[30]	—	÷÷	÷÷		
$Al_2O_3 \cdot H_2O$	三氧化铝·1水	119.96	白	斜	1.722	3410	—H_2O 420		—		÷÷	÷÷		
$Al_2O_3 \cdot 2H_2O$	三氧化铝·2水	137.97	白	无		2550	// 360		—		÷÷	÷÷		
$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	三氧化铝·3水	155.99	白	单	1.566	2423	—$2H_2O$ 360		—		÷÷	÷÷		
As_2O_5	五氧化二砷	229.84	白	粉		4320	315		+		+	+	+	
Au_2O	氧化亚金	409.94	灰紫			3600	—0.205		—		—T,N;+Cl	÷	—	
Au_2O_3	氧化金	441.93	褐	粉			—0.160	—30 250	—		—T,N;×Cl	÷	—	
BaO	一氧化钡	153.34	灰白	立	1.980	5720	1923	2000	表 4.2.7		×Cl,N;+其他酸		+纯	—丙酮,液氨
BaO_2	过氧化钡	169.34	灰白	粉	—H_2O 800	4958	450	// >600	1.5	//	×			—丙酮
$BaO_2 \cdot 8H_2O$	过氧化钡·8水	313.49	珍珠	鳞		2292	—$8H_2O$ 100		0.168	//	//		—	—丙酮,乙醚
BeO	氧化铍	25.01	无	六	1.725	3010	2350	约 3900	0.0002[30]	—	×S′	×熔融态		
Bi_2O_2	二氧化二铋	449.96	棕黑	晶、粉		7500	(易氧化)		—			// N	//KOH**	
Bi_2O_3	三氧化二铋	465.96	淡黄	四斜	1.91	8550	860		—		+浓	—	—	—丙酮
Bi_2O_3	三氧化二铋	465.96	黄、灰	立		8200	⎣704		—		+浓	—		—丙酮
Bi_2O_4	四氧化二铋	481.96	黄棕	固或粉		5600	305		—		+			+含氧酸
$Bi_2O_4 \cdot 2H_2O$	四氧化二铋·2水	518.01	黄褐			5600	// 100	—O 305	—		+			
Bi_2O_5	五氧化二铋	497.96	暗棕红	粉		5100	—0 >150	—O_2>300	×		+	+		
$Bi_2O_5 \cdot H_2O$	五高铋·1水	515.97	红	粉			// 120	→Bi_2O_4→BiO	—		// + N*			
CaO	氧化钙	56.08	白	立粉	1.838	3400	2580	2850	→$Ca(OH)_2$	//	×	危 8	—	闪点 2850℃
CaO_2	过氧化钙	72.08	雪白	四、粉	1.895	2920	// 275		÷		×	—NH_4OH		÷丙酮;++铵盐溶液
$CaO_2 \cdot 8H_2O$	过氧化钙·8水	216.20	珍珠白	四		1700	—$8H_2O$ 100	275	÷.→$Ca(OH)_2$	//	+ //		—	—乙醚,乙醚,NH_4Cl
CdO	一氧化镉	128.40	棕	立	2.49	8150	// 900	↑1560	—	—	+	—		+铵盐溶液
CdO	一氧化镉	128.40	棕红	无	2.49	6950	// <1426	//900～1000	—	—	+	—		+铵盐溶液

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Cd_2O	一氧化二镉	240.82	绿	非		8192	//				//	//		
CeO_2	二氧化铈	172.12	白黄	立		7300	约 2700		—		×	—		
$CeO_2 \cdot 3/2H_2O$	氧化高铈·$^3/_2$水	199.15	黄	胶							+	—		÷碳酸盐溶液
Ce_2O_3	三氧化二铈	328.24	灰白	粉		6900	1692		—		+S			
CoO	氧化钴	74.94	黑灰	六、立		6470	1935	// 2800	—	—	+	+	—	$-NH_4OH$，+稀乙酸
Co_2O_3	氧化高钴	165.88	棕黑	块或蓝、粉		5180	// 900		—	—	+		—	+热盐酸和热稀硫酸
Co_3O_4	四氧化三钴	240.82	黑粉或灰	立	～	6070		900℃	—		−Cl′，N′；+S			−热王水
CrO	一氧化铬	68.00	黑	粉					—		−N			
CrO_2	二氧化铬	84.00	暗灰	非、粉	≈		−0 300		— //		+N			
CrO_3	三氧化铬	100.00	红	正	～	2700	197 //	//	表 4.2.7		+S、N		+	+乙醚
Cr_2O_3	三氧化二铬	152.00	深绿	六	2.551	5210	1900	3000	表 4.2.7		÷	÷	—	①
$Cr_2O_3 \cdot xH_2O$	三氧化二铬·x水		紫	无(或蓝灰胶凝)					—		+	+		
Cr_2O_5	五氧化二铬	183.99	黑褐	粉										
CsO_2	超氧化铯	281.81	橙红	六		4360	//	> 360	++	//			÷	×液氨
Cs_2O	氧化铯	297.81	亮黄	针		4250	400	$-O_2$ 650	+	//	+			
Cs_2O_2	过氧化铯	164.90	黄	四		3770	515		×					
Cs_2O_3	过三氧化二铯	313.82	棕	立		4250[0]	400		//		+			
Cs_2O_4	过四氧化二铯	329.82	黄	晶		3770[19]	600	//	//		+			
CuO	氧化铜	79.54	棕黑	立	2.630	6400	// 1325		—		×	+浓、热		+KCN，NH_4Cl
CuO	黑铜矿	79.54	黑	三	2.830	6450	// 1026		—		×			+KCN，NH_4Cl
$CuO \cdot 1/3H_2O$	氧化铜·1/3水	85.54	暗棕	非、粉			$-H_2O$ 100		—			−稀		$+NH_4Cl$*
$CuO_2 \cdot H_2O$	二氧化铜·1水	113.55	橄榄绿	粉			// 180		—	—	//			
Cu_2O	一氧化二铜	143.09	暗红	立	2.705	6000	1242	$-O_2$ 1800	—	—	×	÷KON**	—	×NH_4Cl，NH_4OH
$xCu_2O \cdot yH_2O$	氧化亚铜		黄	淀	易氧化			$-H_2O$ 360	—		+	—	$+NH_4OH$	$+NH_4CO_3$，$Na_2S_2O_3$
Cu_4O	一氧化四铜	270.16	橄榄绿	非	易氧化				—		// Cl，T	$-NH_4OH$		
Dy_2O_3	氧化镝	373.00	白	立		7810[27]	2340	约 4000	—		+	—	+	
Er_2O_3	氧化铒	382.40	红黄			8640		3000	—		+热			
Eu_2O_3	氧化铕	352.00	玫瑰	粉		7420								
FeO	氧化亚铁	71.85	黑	立、粉	2.32	5700	1420		—	—	+	—	—	
Fe_2O_3	三氧化二铁	159.70	黑、红棕	三	3.042	5120	1560 //		—	—	+Cl，T			
$Fe_2O_3 \cdot xH_2O$	三氧化二铁·x水		红褐	粉或胶	2.420	2400～3600	失水>350		—	—	+浓		—	−乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Fe_3O_4	四氧化三铁	231.55	黑	立	磁性	5200	1538 //		—	—	—N;+Cl		—	—乙醚
$Fe_3O_4 \cdot 4H_2O$	四氧化三铁·4水	303.61	黑				//		—		+			
GaO	一氧化镓	85.72	灰						—		+			
Ga_2O	一氧化二镓	155.44	暗棕	粉		4770	> 660	↑>500	—		×	×		
$Ga_2O_3(\alpha)$	三氧化二镓	187.44	白	三		6480	约1740		—		+	+		
$Ga_2O_3(\beta)$	三氧化二镓	187.44	白	单、正		5880	约1740		—		—	—		
Gd_2O_3	氧化钆	362.50	白	粉		7407^{15}			—		+			
GeO	一氧化锗	88.59	黑灰	粉	1.607		氧化>550	↑>700	÷÷		×	—		×H_2O_2;+Cl_2
GeO_2(可溶)	二氧化锗	104.59	白	三	1.650	4703	1116	1200	0.405^{20}	1.07	÷	×		—HCl,HF
GeO_2(不溶)	二氧化锗	104.59	白	四	无味 不挥发	6240	1086		—		—Cl	÷		—HF
HfO_2	氧化铪	210.49	白	单,斜		9680	2780		—		—Cl,N;×S′	//		×HF
HgO	氧化汞	216.59	黄,红	斜,粉	剧毒	11080	// 300		0.005^{25}	0.04	×	—	—	—乙醚,丙酮,液氨
Hg_2O	氧化亚汞	417.18	棕黑	粉、团		9800	—O_2 100		—	0.7‰	+Cl、N	—	—	—液氨;+乙酸*
InO	一氧化铟	130.81	灰白						—		+			
In_2O	一氧化二铟	245.64	黑	晶		6990	↑650~700(真空)			×				
In_2O_3	三氧化二铟	277.64	浅黄	立		7180	// 850		—		×			
IrO_2	二氧化铱	224.22	黑	四		3150	// >100		—		+Cl	—	—	
$IrO_2 \cdot 2H_2O$	二氧化铱	260.23	深蓝				—$2H_2O$ 350		—		+Cl	+		
Ir_2O_3	三氧化二铱	432.44	蓝黑				—O 400		—		+Cl*、S	—		
$Ir_2O_3 \cdot 3H_2O$	三氧化二铱·3水	483.46	黑						—		—			
K_2O	氧化钾	94.20	灰白	立	~	2320^{20}	// >760		→KOH	++			+	+乙醚
K_2O_2	过氧化钾	110.20	淡黄,白	立	毒	2180	490 //		×					
K_2O_4	超氧化钾	142.20	暗黄	立、粉	~	2140	440	//	→KOH					
La_2O_3	三氧化二镧	325.81	白	立		6510	2320	约4200	0.0004^{29}	×	×		+	—丙酮;+NH_4Cl
Li_2O	氧化锂	29.88	白	晶粉	1.644	2013^{25}	1730	↑2600	→LiOH	÷		危8		
Li_2O_2	过氧化锂	45.88	白色细粉末或黄色颗粒						→LiOH					
$MgAl_2O_4$	镁氧尖晶石	142.27	无	立	1.723	3600	2135		—		÷÷Cl			
MgO	氧化镁	40.30	白	立、粉	1.736	3580	2800	3600	0.00062	0.00086^{30}	×	+铵盐溶液	÷÷	÷有机溶剂
MgO_2	过氧化镁	56.32	白	粉	无臭 无味	3300	炸 275		—/		++			
MnO	一氧化锰	70.94	灰绿	立	2.160	5180	1650		—		+			+NH_4Cl
MnO_2	二氧化锰	86.94	黑	正	1.862	5026	—O_2>530	// >535	—	—	—N;+Cl			—丙酮;+王水,草酸
MnO_3	三氧化锰	102.94	红		~		//		+	//	+S			// 乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Mn_2O_3	三氧化二锰	157.87	棕黑	立		4500	$-$O 1080		—	—	+			—丙酮，NH_4Cl
$Mn_2O_3 \cdot H_2O$	三氧化二锰·1水	175.88	棕	正	2.24	4300	//		—	—	+S*			
Mn_2O_7	七氧化二锰	221.87	暗红	油	~	2400[20]	5.9	炸 >70	++	×				
Mn_3O_4	四氧化三锰	228.81	棕黑	四、粉	2.46	4860	1560		—	—	+Cl*，Cl，S			×热硝酸
MoO_2	二氧化钼	127.94	紫棕	单、四		6470	↑>1000		—		—Cl*，×N÷S	—	液氨	—HF；×$Fe(SO_4)_3$
MoO_3	三氧化钼	143.94	浅黄	斜粉		4690[21]	801	↑1155	表 4.2.7		×	×	+NH_3	×Na_2S 硫化碱溶液
Mo_2O_3	三氧化二钼	239.88	黑						—	—	—	—		
Mo_2O_5	五氧化二钼	271.88	紫蓝	粉					÷		+S*，Cl*			
Na_2O	氧化钠	61.98	灰白	粉	≈	2270	↑1275		→NaOH				//	
Na_2O_2	过氧化钠	77.98	黄白	粉	~	2805	// >460	// 657	+ //	//	××	—	×	// 液氨
$Na_2O_2 \cdot 8H_2O$	过氧化钠·8水	222.11	白	六			// 30	//	+//	//	+		—	
NbO	一氧化铌	108.91	黑	立		7260	1940		—	—	$-N_3$；×Cl			×HF，(S′+HF)
Nb_2O_5	五氧化二铌	265.81	白	斜		4470	1520		—	—	÷	÷		+HF；×碱**
NbO_2	二氧化铌	124.91	黑						—	—	+S；—N			
Nd_2O_3	氧化钕	336.48	浅蓝	六		7240	1900		0.0019[28]	0.003[75]	+Cl			
NiO	一氧化镍	74.70	绿黑	立	2.37	7450	00	→Ni_2O_3	—	—	+	—		—乙酸；+NH_4OH
Ni_2O_3	氧化镍	165.40	灰黑	粉		4840	//600		—		+	+NH_4OH		
Ni_3O_4	四氧化三镍	240.10	灰	固	无磁				—		+			
$Ni_3O_4 \cdot 2H_2O$	四氧化三镍·2水	276.10				3412[32]			—	—	+			
NpO_2	二氧化镎	269.05	棕	立		11100					÷N，T*′			
OsO	一氧化锇	206.20	浅黑	粉					—	—	—			
OsO_2	二氧化锇	222.20	铜红			7910	//650		—	—	—			
OsO_4	四氧化锇	254.20	亮黄	单	辛辣 剧毒	4906[22]	41-2	131	表 4.2.7			+NH_4OH	+	②
Os_2O_3	三氧化二锇	428.40	黑褐	粉			//		—	—	—			
PbO	一氧化铅(铅黄)	223.21	黄	正		8000	886	1472	0.0068[18]		++	+碱*		③
PbO	一氧化铅(密陀僧)	223.21	红	四		9530	886	1472	—	—	++	+碱*		③
PbO	铅黄	223.21	黄	四	2.61	8000	886	1472	0.0023[22]	—	+N	+		
$PbO \cdot \frac{1}{3}H_2O$	一氧化铅·$\frac{1}{3}$水	229.22		立		7592	$-H_2O$ 130		0.014		+	+		
$PbO \cdot \frac{1}{2}H_2O$	一氧化铅·$\frac{1}{2}$水	232.20		晶、粉		7592	//145		0.014			+		
PbO_2	二氧化铅	239.20	棕黑	四、斜		9400	$-O_2$ 752		—	—	×Cl，T′	+热	—	×CH_3COOH；//NH_4OH

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$PbO_2 \cdot H_2O$	氧化高铅·1水	257.21	棕		沉淀或黑色固体		$-H_2O$		—	—	+	+浓	—	÷乙酸
Pb_2O		430.42	黑	非、粉		8340	//红热		//	//	//	//		+稀硝酸铅溶液
PbO_2	二氧化铅	239.19	黑	片粉	极强氧化性	9375					×		÷	
Pb_2O_3	三氧化二铅	462.40	红黄、绿棕	粉			//360	→Pb_3O_4 370	—	//	//浓	—		→PbO 530℃
Pb_3O_4	四氧化三铅	685.60	橙红	非晶或结晶粉末		9100	$-O_2$ 830		—	—	×	—醇		④
$PdCl_2$	二氯化钯	177.60	红褐	立			500 //		+	+	+Cl		+	+丙酮
$PdCl_2 \cdot 2H_2O$	二氯化钯·2水	213.70	红褐	棱			//		+	+	+Cl		+	+丙酮
PdO	一氧化钯	122.41	绿黑	四		8310	870		—	—	÷热			—王水
Pd_2O	一氧化二钯	229.40	黑				//		—		—			
PrO_4	四氧化镨	204.92	黑褐	粉		5978^{20}			—		+			$+CS_2$
Pr_2O_3	三氧化二镨	329.84	黄绿			6870^{15}	//		0.00002					
PtO_2	二氧化铂	227.09	蓝黑	六、粉		10200	// >400		—	—	—			—王水
$PtO_2 \cdot H_2O$	二氧化铂·1水	245.25	黑				$-H_2O$ 100		—	—	÷Cl*	+NaOH		—王水
$PtO_2 \cdot 2H_2O$	二氧化铂·2水	263.26	红褐	针			$-\frac{1}{2}H_2O$ 110		—	÷÷	+Cl′;//S′	+熔		+王水
$PtO_2 \cdot 3H_2O$	二氧化铂·3水	281.28	黄棕				// 300		—	—	—			—王水
$PtO_3 \cdot xH_2O$	三氧化铂·x水		红棕				//				+ Cl;//N′、S	+		
PuO	氧化钚	258.07	黑	立		13890					×Cl′			
PuO_2	二氧化钚	274.07	绿			11440					×Cl′,T′,N			$\times HNO_3$;+HF
Rb_2O	一氧化铷	186.94	无	立		3720	// >400		×					
Rb_2O_2	过氧化铷	202.96	黄	立		3650^{0}	570		//	//				
Rb_2O_3	过三氧化二铷	218.96	深褐			3530^{0}	489		//					
Rb_2O_4	过四氧化二铷	234.96	黄			3050^{0}	280	—O 500	//					
ReO_3	三氧化铼	234.21	红	立		约7100	160	// >300(真空)	—		—Cl′;×N	×		$\times H_2O_2$
ReO_4	四氧化铼	250.31	白			8400	150 //		+		+	+		÷乙醚
Re_2O_7	七氧化二铼	484.41	亮黄	斜	～	8200	301.5	359	++			×	++	⑤
RhO	一氧化铑	118.91	灰						—	—	—			
RhO_2	二氧化铑	134.91	棕						—	—	—	—		
Rh_2O_3	三氧化二铑	253.82	蓝灰	棱		8200	// >1100		—	—	—	—		—王水
RuO_2	二氧化钌	133.70	深蓝	四		6970			—	—	—	+熔态		
RuO_4	四氧化钌	165.07	金黄	单		3290	25.4	//受热	2.0^{20}		×	×	×	$+CCl_4$
Ru_2O_3	三氧化二钌	251.40	蓝黑			3280^{21}			—	—	—			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ru_2O_5	五氧化二钌	282.14	黑	晶			$-\frac{1}{2}O$ 360		—					
Ru_4O_9	九氧化四钌	548.27	黑	晶			−O 440		—		+Cl			
Sb_2O_3	白锑	291.52	灰白	斜	2.350	5670	656	1570	÷÷	÷	+Cl′,T′N(发烟)	+(浓)	÷	+乙酸，酒石酸
Sb_2O_3	方锑	291.52	灰白	立	2.087	5200	652	1425	÷÷	÷	+Cl	+KOH	÷	+酒石酸盐,3%HCl
Sb_2O_4	四氧化二锑	307.50	白	粉	2.00	5820	$-O_2$ 930		÷÷	÷	÷÷	÷		+氢碘酸
Sb_2O_5	五氧化二锑	323.50	柠檬黄或白	粉		3780	−O 300	$-O_2$ 450	÷÷	÷	++Cl′	÷(浓)	×	⑥
Sc_2O_3	三氧化二钪	137.91	白	立	～	3800	2300		—		÷冷,+热浓			
Sm_2O_3	氧化钐	348.86	浅黄	粉		7430[15]			—		++			
SnO	一氧化锡	134.69	黑	四		6450	→SnO_2	> 550	—		×	×(浓)	×HF	$-NH_4OH$
SnO_2	二氧化锡	150.69	白	四	1.997	6950	1625	约 2500	—	—	+S′*	÷ //		$-NH_4OH$,液氨,王水
SrO	氧化锶	103.62	白	粉	1.870	4700	2430	约 3000	→$Sr(OH)_2$		×	30	÷甲,乙	−乙醚,丙酮
SrO_2	过氧化锶	119.63	白	粉	无臭 无味	4560	215//		0.8‰[20]	//	+	$-NH_4OH$	+	$+NH_4Cl$、KCN;−丙酮
$SrO_2 \cdot 8H_2O$	过氧化锶·8水	263.76	白	晶			$-8H_2O$ 100		18‰[20]	//	+	$-NH_4OH$	+	$+NH_4Cl$
Ta_2O_2	二氧化二钽	393.90	棕			7350	氧化		—		—			$-(HNO_3+HF)$
Ta_2O_4	四氧化二钽	425.90	深灰	粉			氧化		—		—			
Ta_2O_5	五氧化二钽	441.89	无	三		3200	1862-82		—		—	×HF	×	$H_2SO_4+H_2O_2$,$KHSO_4$
$Ta_2O_5 \cdot xH_2O$	五氧化二钽·x水		无	胶液					+		—	+		+浓硝酸
Tb_2O_3	氧化铽	365.85	无	立					—		+			
Tc_2O_7	七氧化二锝	309.81	黄	晶	～		119.5	311	+			$+NH_4OH'$		+二噁烷
TeO_2	二氧化碲	159.60	白	四、斜		约 5900	733	1257		0.67‰	÷N,T;×Cl	×		
TeO_3	三氧化碲	175.60	淡黄	无		5080	// >400			+		++		
TeO_3	三氧化碲	175.60	灰	晶		6210	// >400		÷			÷		
ThO_2	二氧化钍	264.04	白	立、无		9690	>3200	4400	—	—	+S*	—		$+(HF+HNO_3)$
Th_2O_7	过氧化钍	576.24	白	胶					—					
TiO	氧化钛	63.90	青铜	立、单		4930	1750	>3000	—		+S			$-HNO_3$,+稀 HCl
$TiO_2(\alpha)$	二氧化钛	79.90	棕黑	四	2.550	3840	1855		—	—	+S	÷	$+KHCO_3$	−有机酸
$TiO_2(\beta)$	板钛型	79.90	白	正	2.585	4170	→γ		—	—	+S	+		
$TiO_2(\gamma)$	金红石型	79.90		四	2.615	4260	1870 //	2900	—	—	÷S′	×熔态		×HF,$KHSO_4$**
$TiO_2(\delta)$	锐钛型	79.90	白	四		约 3800	→γ				+	+		
Ti_2O_3	三氧化二钛	143.80	暗紫	单、三		4486	1900				−Cl;×T,N*	−浓		+40%HF

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Tl_2O	一氧化二铊	424.74	黑	六	～ 易氧化	9520	300	1865	++ //		×		—	
Tl_2O_3	三氧化二铊	456.74	棕黑	粉	毒	10200^{22}	717	$-O_2$ 875	—		+	—		
UO_2	二氧化铀(天然)	270.03	棕黑	正、立		10960	2700 //		—		×N′,T′*			×王水,Na_2O_2,H_3PO_4
UO_3	三氧化铀	286.03	橙红	粉		约 8200	// >500		—		×	×		
$UO_4 \cdot 2H_2O$	过氧化铀·2水	338.10	黄	晶	～		// 115		0.0006^{20}	0.008^{90}	// Cl			
$UO_4 \cdot 3H_2O$	过氧化铀·3水	356.12	黄				$-H_2O$ 100							
U_3O_8	八氧化三铀	842.09	橄榄绿			7310	// 1300		—		+N,T			
VO	一氧化钒	66.94	亮灰	立		5760	1830		—		×			
VO_2	二氧化钒	82.94	暗蓝	四	～	4340	1545	2700 //	—		×	×		
V_2O_2	二氧化二钒	133.90	微灰	晶		3640			—		+			
V_2O_3	三氧化二钒	149.88	灰黑	三		4870	1970	约 3000	÷	+	×N*	+		+HF
V_2O_4	四氧化二钒	165.90	黑	固或蓝黑、粉		4339	1967		—		+	+		
V_2O_5	五氧化二钒	181.88	红黄	斜 微毒	1.52	3357^{18}	690	// 1750	0.8^{20}		+	+	—	
WO_2	二氧化钨	215.85	棕	单、四		12110	约 1500	约 1700	—		×热浓	×		
WO_3	三氧化钨	231.85	浅黄	三、四		7160	1473	约 1670	—	—	—	+ 沸		÷HF,氨水
W_2O_5	五氧化二钨	447.70	蓝紫	三斜晶			↑800	1530	—		—			
Yb_2O_3	氧化镱	394.08	无			9175			—	—	+热			
Y_2O_3	三氧化二钇	225.81	无	立	1.920	4840	2415	4300	—		×	—		
ZnO	红锌矿	81.38	白	六	2.004	5606	1975		0.00042^{18}		+	+		—氨水溶液;$+NH_4Cl$
ZnO	氧化锌	81.38	白	非、粉	2.008	5606	>1800		0.00042^{18}		++	+	—	⑦
$ZnO_2 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	过氧化锌·$\frac{1}{2}$水	106.38	淡黄	粉		3000	$-O_2$真空	÷÷ //	//			+		+乙醚,丙酮
$ZnO \cdot ZnS$	氧硫化锌	178.83	黄						—		+ Cl			
ZnO_2	过氧化锌	97.38	黄			1571	炸 212		0.0022		//	$-NH_4OH$		
ZrO_2	二氧化锆	123.22	黄棕	单	2.190	5680	2715	约 4300	—	—	×S			+HF
ZrO_2	二氧化锆(无 Hf)	123.22	白	单		5730	2715	3000	—	—	×S			+HF

① 溶于乙酸、酒石酸、碳酸、三氯化锑、氯化铵、硝酸铵和碱。

② 溶于乙醚、苯、液氨；易溶于 CCl_4、37525。

③ 溶于 $CaCl_2$、NH_4Cl、PbAc 和乙酸铅。

④ 与乙酸、过量冰乙酸、浓硫酸、浓磷酸起反应。

⑤ 微溶于 CCl_4、乙醚；溶于丙酮、吡啶。

⑥ 在热 K_2CO_3、$(NH_4)_2Sn$、$(NH_4)_2S$ 中分解。

⑦ 不溶于液氨；溶于碳酸、亚硫酸、热氯化铵，溶于+NaOH、氯化铵。

表 4.2.2 金属氧化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
一氧化铅	1317-36-8	61507		不	※	※		※	K	6.1	R20/22;R33;R50/53;R61;R62	S45;S53;S60;S61
一氧化铊	1314-12-1	61023		不	※	※		※	R,G,T	6.1		
二氧化铀	1344-57-6			易	—	—	放射性物品	—	R,T			
二氧化铅	1309-60-0	51502	—	助	※	※	乙	※	W,T,R	5.1	R20/22;R33;R50/53;R61;R62;R8	S45;S53;S60;S61
二氧化碲	7446-7-3			不	※	※		※	W,P,R,G,T			
二氧化镁	7446-7-3	51005		助	※	※	乙	※	G,T,Sw	5.1		
三氧化二铅	1314-27-8			助	※	※		※	K			
三氧化铬	1333-82-0	51519	—	助	※	※	乙	※/※	W,T	5.1	R24/25;R26;R35;R42/43;R45;R46;R48/23;R50/53;R62;R9	S45;S53;S60;S61
三氧化硫	7446-11-9	81010	37.32(25℃)	助	※	※	乙	※	T,JS	8.1	R14;R34	S25;S36/37/39;S45;S8
三氧化锑	1327-33-9			助	※	※	乙	※	K			
五氧化二钒	1314-62-1	61028	—	助	※	※		※	K	6.1	R20/22;R37;R48/23;R51/53;R63;R68	S36/37;S38;S45;S61
五氧化二锑	1314-60-9	61506	—	助	※	※		※	K	6.1	R36/37/38	S26;S36
四氧化三铅	1314-41-6	61507	—	助	※	※		※	K	6.1	R20/22;R33;R50/53;R61;R62;R8	S45;S53;S60;S61
四氧化锇	20816-12-0	61026	0.93(20℃)	助	※	※		※	K	6.1		
过氧化氢	7722-84-1	51001	0.13(15.3℃)	助	※	※	甲	※	W,G,T	5.1	R22;R41	S26;S28A;S36/37/39;S45
过氧化钙	1305-79-9	51006	—	助	※	※	甲	※	G,T,JT,JP	5.1	R9;R34	S17;S26;S36/37/39;S451
过氧化钠	1313-60-6	51002	—	助	※	※	甲	※	G,T,JT,JP,JR	5.1		
过氧化钡	1304-29-6	51008	—	助	※	※	甲	※	G,T,JT,JP	5.1		
过氧化钾	17014-71-0	51003	—	助	※	※	甲	※	G,T,JT,JP,JR	5.1		
过氧化锌	1314-22-3	51009	—	助	※	※	甲	※	G,T,JT,JP	5.1	R9	S17;S24/25;S27
过氧化锶	1314-18-7	51007		助	※	※	甲	※	G,T,JT,JP	5.1		
氧化汞	21908-53-2	61509	—	助	※	※	—	※	K	6.1	R26/27/28;R33;R50/53	S13;S28A;S45;S60;S61
氧化钙	1305-78-8	82501		不	※	※		※	W,T		R34	S25;S26;S36/37/39;S45
氧化钡	1304-28-5	61503	—	不	※	※	—	※	K	6.1		

4.2.2 密　　度

表 4.2.3　金属氧化物在不同煅烧温度下的密度　　　　单位：kg/m^3

名　称	煅烧温度/℃											
	600	710	800	850	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1800
氧化镁	2940	3040		3220		3390		3480		3520	3560	3570
氧化钙			2750		3160	3260	3270	3300	3350			

表 4.2.4　金属氧化物水溶液的密度　　　　单位：kg/m^3

名　称	浓度(质量分数)/%																
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	30	40	50	60
CrO_3	1007	1014	1028	1044	1060	1076	1092	1109	1127	1145	1164	1183	1203	1263	1378	1511	1656
WO_3	1008	1017	1036	1055	1075	1096	1118	1141	1166	1191	1217	1244	1272	1363	1546		

4.2.3 黏　　度

表 4.2.5　三氧化铬水溶液的黏度　　　　单位：mPa・s

浓　度	温度/℃			浓　度	温度/℃		
(质量分数)/%	25	40	75	(质量分数)/%	25	40	75
18	1.02	0.81	0.45	50	2.30	1.73	1.12
30	1.24	1.00	0.63	60	3.87	2.82	1.56
40	1.59	1.25	0.83	61.72	4.36	3.12	1.65

4.2.4 线胀系数

表 4.2.6　金属氧化物的线胀系数　　　　单位：$\times 10^{-6}$ ℃$^{-1}$

材料名称	温度/℃									
	−200	−150	−100	−50	0	20	100	200	300	400
Al_2O_3(//c 轴)	0.2	1.2	2.6	4.0	5.2	5.6	6.8	7.8	8.9	8.5
Al_2O_3(⊥c 轴)	0.1	0.9	2.2	3.5	4.6	5.0	6.2	7.1	7.7	8.2
BeO						6.5	6.9	7.5	8.0	8.6
$Cr_2O_3$①								6.8	7.0	7.1
MgO	0.8	3.6	6.3	8.5	9.9	10.4	11.7	12.6	13.3	13.7
ThO_2						7.6	8.2	8.7	9.1	9.4
TiO_2(//c 轴)	3.2	5.4	7.0	8.1	8.9	9.1	9.8	10.3	10.6	10.8
TiO_2(⊥c 轴)	2.9	4.6	5.7	6.5	7.0	7.1	7.6	7.9	8.2	8.3
材料名称	温度/℃									
	500	600	700	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Al_2O_3(//c 轴)	9.2	9.4	9.6	9.8	10.2	10.6	11.0	11.4		
Al_2O_3(⊥c 轴)	8.4	8.6	8.8	9.1	9.5	9.9	10.3	10.7		
BeO	9.1	9.6	10.1	10.5	11.3	12.1	12.7	13.7	14.5	15.3
$Cr_2O_3$①	7.1	7.1	7.2	7.3	7.3	7.4				
MgO	14.1	14.4	14.7	15.0	15.6	16.2	16.9			
ThO_2	9.6	9.8	10.0	10.2	10.5	10.9	11.4	11.8	12.3	12.8
TiO_2(//c 轴)	10.9	11.0	11.1	11.2	11.4					
TiO_2(⊥c 轴)	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8					

① 表内数字均是自 100℃至指示温度的平均值。

4.2.5 溶 解 度

表 4.2.7 金属氧化物在水中的溶解度

分子式	名 称	在下列温度(℃)100g 水中的最大溶解质量/g												
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	127
BaO	一氧化钡	1.5		3.48					90.8					
CrO_3	三氧化铬	165	166	167		170	174	183	177		194	199	207	
Cr_2O_3	三氧化二铬	61.8		62.4		62.52		64.6			65.9		67.4	71.2
MoO_3	三氧化钼			0.14		0.26	0.48	0.69	1.21	2.06	2.11			
OsO_4	四氧化锇	5.26	5.75	6.44	7.01									

表 4.2.8 三氧化铬在硝酸中的溶解度

25℃			45℃		
密度 ρ_4^{25} /(g/cm³)	/(g/100g 饱和溶液)		密度 ρ_4^{25} /(g/cm³)	/(g/100g 饱和溶液)	
	HNO_3	CrO_3		HNO_3	CrO_3
1.704	0.0	62.85	1.503	92.63	1.89
1.684	2.28	60.31	1.557	91.36	8.29
1.661	5.95	56.57	1.695	0.0	63.51
1.640	9.37	52.51	1.676	2.05	61.27
1.606	13.25	48.10	1.654	5.58	57.93
1.570	19.30	41.97	1.619	11.47	51.71
1.528	26.79	34.32	1.569	19.53	43.41
1.481	35.35	25.54	1.490	33.29	29.57
1.434	46.91	14.63	1.409	50.69	13.15
1.402	59.11	4.88	1.384	65.74	2.47
1.409	68.49	0.95	1.416	73.81	0.88
1.440	74.47	0.27	1.450	81.55	0.44
1.456	82.90	0.06	1.481	88.35	0.60
1.466	86.56	0.10	1.512	91.83	3.39
1.475	89.17	0.18	1.581	88.06	9.42

表 4.2.9 三氧化铝在硫酸中的溶解度（25℃）

H_2SO_4 (质量分数)/%	H_2SO_4密度 /(g/cm³)	CrO_2溶解度 (质量分数)/%	饱和溶液密度 /(g/cm³)	固 相
20.4	1.139	29.25	1.510	CrO_3
39.6	1.296	14.23	1.511	CrO_3
60.7	1.501	1.01	1.516	CrO_3
75.8	1.672	0.49	1.680	CrO_3
79.6	1.717	0.79	1.730	CrO_3
84.9	1.772	0.92	1.788	$CrO_3 \cdot SO_3$
85.1	1.774	1.24	1.796	$CrO_3 \cdot SO_3$
90.3	1.814	1.03	1.832	$CrO_3 \cdot SO_3$
92.5	1.820	0.11	1.822	$CrO_3 \cdot SO_3$
97.2	1.832	0.46	1.840	$CrO_3 \cdot SO_3 \cdot H_2O$
97.6	1.833	0.42	1.840	$CrO_3 \cdot SO_3 \cdot H_2O$
99.9	1.831	0.23	1.835	$CrO_3 \cdot SO_3 \cdot H_2O$
99.95	1.839	0.16	1.833	$CrO_3 \cdot SO_3 \cdot H_2O$
100.00	1.829	0.076	1.811	$CrO_3 \cdot SO_3 \cdot H_2O$

表 4.2.10　三氧化铬在硒酸中的溶解度（23℃）

H_2SeO_4（质量分数）/%	H_2SeO_4 密度/(g/cm³)	CrO_3 溶解度（质量分数）/%	饱和溶液密度/(g/cm³)
55.1	1.581	8.65	1.730
81.2	2.142	0.16	2.145
87.9	2.325	0.29	2.330
96.2	2.525	0.17	2.253
98.5	2.590	0.35	2.599

4.2.6　蒸　气　压

表 4.2.11　金属氧化物的蒸气压

名　称	分子式	0.01	0.02	0.04	0.07	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃								
三氧化二铝	Al_2O_3					2122	2187	2255	2311	2351
三氧化锑	Sb_4O_6	505	524	542	557	567	586	608	629	648
四氧化锇(白)	OsO_4					−8.6	−0.8	8.3	16.2	21.5
四氧化锇(黄)	OsO_4					0.6	7.4	15.4	22.6	27.2
七氧化二铼	Re_2O_7	181	189	198	205	209	218	229	238	243
氧化锂	Li_2O					946	972	1000	1023	1041
氧化铅	PbO	820	850	885	915	928	966	1007	1042	1065
氧化钼	MoO_3					727	746	768	787	801
氧化锶	SrO					2047	2100	2156	2202	2234
氧化镉	CdO					984	1024	1067	1103	1128
一氧化锡	SnO					790	832	875	912	938
二氧化碲	TeO_2	720	748	767	800	815	845	882	913	927
三氧化钨	WO_3					1290	1315	1350	1380	1395

名　称	分子式	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃								
三氧化二铝	Al_2O_3	2431	2512	2582	2627	2722	2828	2916	2977	2050
三氧化锑	Sb_4O_6	702	776	852	909	1030	1175	1318	1425	656
四氧化锇(白)	OsO_4	32.2	44.5	56.0	64.2	81.0	100.6	117.9	130.0	42
四氧化锇(黄)	OsO_4	36.5	46.7	56.4	64.2	81.0	100.6	117.9	130.0	56
七氧化二铼	Re_2O_7	255	267	277	283	298	323	347	362	296
氧化锂	Li_2O	1075	1110	1140	1158	1197				
氧化铅	PbO	1113	1164	1211	1240	1301	1371	1430	1472	890
氧化钼	MoO_3	835	873	908	933	988	1052	1109	1151	795
氧化锶	SrO	2303	2376							2430
氧化镉	CdO	1178	1231	1282	1315	1379	1451	1514	1559	
一氧化锡	SnO	995	1055	1110	1140	1215				
二氧化碲	TeO_2	954	1016	1053	1076	1130				
三氧化钨	WO_3	1420								

4.2.7 比 热 容

表 4.2.12 金属氧化物的比热容 单位：kJ/(kg·K)

分子式	温度/K										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
Al_2O_3	0.000	0.001	0.003	0.007	0.015	0.027	0.045	0.068	0.095	0.126	0.197
BaO					0.106	0.132	0.156	0.179	0.195	0.208	0.234
BeO					0.015	0.029	0.044	0.064	0.087	0.113	0.185
Bi_2O_3						0.081	0.102	0.113	0.120	0.130	0.153
CaO②										0.787	
CaO								0.180	0.232	0.280	0.368
CdO					0.019					0.045	
CuO		0.007		0.044		0.101		0.156		0.208	
Cu_2O	0.014	0.038	0.084	0.133	0.174	0.207	0.230	0.249	0.264	0.278	0.300
Fe_3O_4						0.098	0.131	0.177	0.197	0.242	0.388
Li_2O		0.004	0.007	0.020	0.045	0.079	0.128	0.190	0.265	0.351	0.536
MgO	0.0001	0.001	0.003	0.009	0.021	0.040	0.068	0.108	0.148	0.194	0.296
MnO					0.134	0.190	0.251	0.312	0.378	0.454	0.444
MnO_2						0.111	0.220	0.249			
Mn_3O_4							0.170	0.205	0.234	0.264	0.325
MoO_3		0.011		0.0486		0.105		0.165		0.220	
NiO						0.064		0.124		0.187	
Ni_2O_3							0.099	0.129	0.160	0.197	0.249
Sb_2O_3						0.101		0.142		0.173	
SnO_2							0.127	0.149	0.165	0.179	0.211
ThO_2	0.0005	0.004	0.013	0.026	0.038	0.051	0.064	0.076	0.088	0.099	0.121
TiO_2					0.061	0.098	0.132	0.167	0.204	0.241	0.309
V_2O_5						0.145		0.220		0.289	
WO_3								0.105		0.140	
ZnO								0.177	0.196	0.219	0.261
ZrO_2					0.042	0.062	0.084	0.107	0.130	0.154	0.200

分子式	温度/K										
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	350	400
Al_2O_3	0.274	0.353	0.430	0.502	0.569	0.629	0.685	0.734	0.779	0.872	0.944
BaO	0.252	0.267	0.275	0.286	0.291	0.299	0.303	0.324	0.306	0.315	0.325
BeO	0.272	0.367	0.469	0.572	0.673	0.772	0.864	0.942	1.030	1.076	1.354
Bi_2O_3	0.168	0.182	0.196	0.207	0.217	0.224	0.235	0.239			
CaO②									0.842		
CaO	0.446	0.513	0.570	0.622	0.662	0.694	0.722	0.745	0.760	0.789	0.805
CdO	0.055	0.066	0.070	0.073	0.075	0.076	0.078	0.080	0.082		
CuO	0.295	0.358	0.404	0.437	0.462	0.482	0.502	0.521	0.541	0.587	0.589
Cu_2O	0.322	0.342	0.361	0.377	0.393	0.408	0.422	0.435	0.445		0.502
Fe_3O_4	0.374	0.424	0.465	0.505	0.539	0.570	0.590	0.605	0.622		
Li_2O	0.725	0.910	1.086	1.248	1.383	1.511	1.626	1.730	1.817		
MgO	0.399	0.497	0.585	0.662	0.730	0.789	0.841	0.887			
MnO	0.454	0.483	0.513	0.539	0.561	0.581	0.597	0.613	0.624		0.669
MnO_2	0.312	0.372	0.424	0.468	0.506	0.540	0.570	0.597	0.622	0.679	0.729
Mn_3O_4	0.376	0.422	0.426	0.526	0.550	0.560	0.583	0.599	0.607		
MoO_3	0.311	0.350	0.383	0.412	0.438	0.461	0.483	0.502	0.521	0.561	0.585
NiO	0.307	0.358	0.403	0.444	0.480	0.513	0.542	0.570	0.595		
Ni_2O_3	0.307				0.485	0.519	0.553	0.584	0.592	0.648	0.712
Sb_2O_3	0.236	0.245	0.265	0.291	0.317	0.338	0.346	0.348	0.350	0.353	0.372
SnO_2	0.235	0.256	0.274	0.290	0.303	0.313	0.317	0.324	0.325		0.428
ThO_2	0.142	0.160	0.176	0.190	0.201	0.212	0.220	0.228	0.235		0.255
TiO_2	0.370	0.427	0.478	0.524	0.566	0.599	0.634	0.665	0.710		0.804
V_2O_5	0.412	0.471	0.519	0.557	0.592	0.627	0.666	0.709	0.755	0.870	0.917
WO_3	0.201	0.228	0.252	0.273	0.292	0.309	0.325	0.340	0.354	0.378	0.372
ZnO	0.300	0.338	0.371	0.400	0.423	0.439	0.457	0.480	0.512		
ZrO_2	0.242	0.281	0.316	0.347	0.375	0.399	0.421	0.440	0.454		0.518

续表

分子式	温度/K										
	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
Al_2O_3	0.998	1.041	1.076	1.104	1.128	1.148	1.166	1.181	1.194	1.205	1.215
BaO		0.340		0.350		0.357		0.362		0.367	
BeO	1.521	1.610	1.615	1.629	1.682	1.731	1.768	1.802	1.838	1.874	1.910
CaO②		0.861				0.883				0.891	
CaO	0.819	0.831	0.842	0.899		0.916		0.931		0.943	
CuO		0.614		0.639				0.690			
Cu_2O		0.519		0.536				0.569			
MnO		0.642		0.709				0.740			
MnO_2		0.783		0.817				0.864			
MoO_3		0.626		0.657				0.704			
Ni_2O_3	0.781	0.852	0.778	0.733	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724	0.724
Sb_2O_3		0.397		0.421				0.471			
SnO_2		0.466		0.491				0.521			
ThO_2		0.266		0.274		0.280		0.285		0.290	
TiO_2		0.850		0.878		0.897		0.910		0.922	
V_2O_5		0.994		1.040				1.095			
WO_3		0.383		0.396				0.424			
$ZrO_2$①		0.550		0.571				0.596			

分子式	温度/K										
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Al_2O_3	1.224	1.239	1.251								
BaO	0.371	0.374	0.378	0.381							
BeO	1.945	1.985^{1142}	2.005	2.040	2.075	2.110	2.145	2.180	2.215	2.250	2.285
CaO②		0.901		0.909		0.915					
CaO	0.954	0.964	0.972								
CuO	0.740										
Cu_2O	0.602										
MnO	0.763					0.824					
MoO_3	0.744										
Ni_2O_3	0.724										
SnO_2	0.543					0.584					
ThO_2	0.295	0.299	0.303	0.307	0.311	0.315	0.319	0.323	0.326		
TiO_2	0.931	0.940	0.947	0.954	0.960	0.967	0.973	0.979	0.985		
WO_3	0.452					0.522					

① 温度为1000℃时，ZrO_2的值为0.615。

② 温度单位为℃时的值。

注：材质状况如下。

(1) Al_2O_3：试件材料为刚玉和合成蓝宝石，杂质的质量分数比为0.01%～0.02%。

(2) BaO：390K以上的数据的试件成分为BaO 99%和SiO_2约1%。

(3) BeO：60～300K的试件成分为99.6%BeO，1200～2000K的试件成分为99.9%BeO，杂质为Al、Ni、Cu、Zn、Ag、Fe和Ti，在1400～1800℃下加压烧结。

(4) Bi_2O_3：试件成分为99.6%的Bi_2O_3；在23.3℃时的密度为9.33g/cm³。

(5) CaO：90～300K试件成分为98.8%Ca，0.4%H_2O。

(6) Cu_2O：试件成分为99.80%Cu_2O。

(7) Fe_3O_4：试件成分99.00%Fe_3O_4、0.63%Fe_2O_3以及0.37%其他物质。

(8) Li_2O：试件成分为99.74%Li_2O和0.26%CaO，在镍坩锅中在1000～1300℃下加热3～5h（为消除杂质）。

(9) MgO：试件为单晶体，在1.3×10^{-4}Pa下的氦环境中加热150℃、18h。

(10) MnO：试件成分为99.85%MnO、0.030%有效氧和0.005%硫；由电解锰制备。

(11) Mn_3O_4：试件由硫化锰制备。

(12) Ni_2O_3：70～300K试件不纯度<0.2%，为透明立方结晶体。300～1100K试件成分为78.51%～78.54%Ni和0.01%～0.1%Si，由分解Ni$(NO_3)_2\cdot6H_2O$并在1000℃下加热8h制备。

(13) SnO_2：试件成分为SnO_2>99.9%，由稀HNO_3作用于纯电解锡制备。

(14) ThO_2：10～300K试件除ThO_2外，含0.015%稀土元素，Al和Si各占0.005%，La占0.004%，其他<0.005%。大于300K试件则ThO_2为99.28%，普通金属占0.26%，稀土金属占0.46%。

(15) TiO_2：50～280K试件成分为99.2%TiO、0.1%Ti和0.7%Si。300～1800K试件成分为99.2%TiO、0.1%TiC和0.7%Si。

(16) ZnO：试件为微晶的ZnO，99.9%。

(17) ZrO_2：试件成分为99.14%ZrO_2、0.30%SiO_2、0.20%TiO_2、0.07%CaO以及≤0.05%的其他氧化物。

表 4.2.13 三氧化二铬水溶液的比热容（25～30℃） 单位：kJ/(kg·℃)

浓度(质量分数)/%	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
c_p	3.74	3.55	3.35	3.17	3.01	2.84	2.67	2.54	2.39	2.27	2.12

4.2.8 热 导 率

表 4.2.14 金属氧化物的热导率 单位：W/(m·K)

分子式	温度/K										
	1	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60
Al_2O_3*	3.893	410.0	2900	8700	15700	20200	20700	17700	12000	5200	2650
Fe_3O_4		35.60	124.0	245.2	294.4	285.9	259.4	209.8	161.6	96.51	58.80
MgO	1.2	154.9	1170	2690	3250	3310	3088	2650	2160	1420	930
MnO		0.400	3.699	14.05	29.99	43.69	54.35	59.70	59.48	52.88	38.18
TiO_2	2.6	313	1790	1770	1000	540	285		117	66	45

分子式	温度/K										
	70	80	90	100	150	200	250	273.2	300	350	400
Al_2O_3				133.0	77.00	55.00	43.40	39.70	36.00	30.70	26.40
Al_2O_3*	1530	960.0	640.0	450.0	150.0	82.0	58.0	52	46	38	32.40
BeO						424.0	334	302	272	228	196
CaO										12.71	11.40
Cu_2O				3.486	7.183	7.150	6.164	5.854	5.577	5.085	
Fe_3O_4	37.84	27.70	22.82	17.62	14.53	7.115	6.880	6.888	6.897		
MgO	630	450	340	270	135	94	73	66.5	60	50.7	43.1
MgO*							58	53	48.4	41.2	35.6
MnO	19.98	15.00	13.19	11.99	7.92	8.60	8.60	8.60	8.60		
Mn_3O_4									3.3	3.5	3.4
Ni_2O_3										9.757	8.178
SnO_2									33.7	28.2	24.2
ThO_2							15.2	14.2	13.2	11.5	10.2
TiO_2	35	30	26.4	23.5	16.8	13.7	11.8	11.1	10.4	9.4	8.5
TiO_2*							9.3	8.9	8.4	7.7	7.0
ZnO									29.98	26.73	23.44
ZrO										1.602	1.675

分子式	温度/K										
	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Al_2O_3		20.20	15.80	12.60	10.40	8.90	7.85	7.10	6.55	6.13	5.83
Al_2O_3*	27.90	24.20	18.90	15.40	13.00	11.50	10.50				
BaO		63	73	108	174	255	345				
BeO		146	111	87	70	57	47	41.33	33	28.30	24.50
CaO	10.58	10.01	8.789	7.96	7.613	7.156	7.029	6.958	7.035		
MgO	37										
MgO*		26.9	20.7	16.5	13.5	11.2	9.7	8.5	7.7	7.2	6.8
MnO*		3.074	2.883	2.720	2.567	2.407	2.224				
Ni_2O_3	7.645	7.180	5.669	4.777	4.618	4.012	3.782	3.604	3.347		
ThO_2		8.1	6.6	5.5	4.7	4.1	3.6	3.4	3.1	3.0	2.8
TiO_2*		5.9	7.0	5.9	5.0	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2
ZnO	22.03			6.281	4.810	4.133	3.889	3.831			
ZrO	1.700	1.690	1.689	1.759	1.773	1.807	1.858	1.900	1.921	1.971	2.005

续表

分子式	温度/K										
	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
Al_2O_3	5.66	5.56	5.54	5.59	5.74	6.00	6.44				
BeO	21.5	19.5	18.0	16.7	15.6	15.0	15.0	15.2	16.4		
MgO*	6.5	6.4	6.4	6.6	7.4	8.5	9.9	11.5	13.2	15.0	17.0
ThO_2	2.7	2.66	2.59	2.54	2.52						
ZrO	2.051	2.055									

注：材质状态如下。

（1）Al_2O_3：试件为多晶体，纯度99.5%。

（2）Al_2O_3*（蓝宝石）：试件为高纯度的合成蓝宝石单晶体。

（3）BaO：试件为多晶体，热导率为表观值，没有考虑高温下的热辐射效应。

（4）BeO：试件为多晶体，纯度99.5%。

（5）CaO：试件为纯结晶立方体。其制备过程是：将试剂级碳酸钙在1600℃下煅烧2h，加压并在氧化锆氧气炉中1900℃下烘干。堆积密度为3.03g/cm^3，总孔率为2.75%。

（6）Cu_2O：试件为纯度99.96%的电解高导无氧铜，大单晶体。其制备过程是直径为2.86cm的氧化了的机加工铜盘置于炉中，在1020℃下加热30～210h，再加热到1200℃后急冷。

（7）Fe_3O_4：试件长1.23cm，平均直径为0.2cm，在1500K的CO∶CO_2＝1∶20的混合体中退火。单晶体，晶格常数为0.8398nm，空穴浓度为2×10^{171}/cm^3。含Al、Be、Ca、Cr、K、Li、Mg、Mn、Na、Ni、Si、Ti、V、Zn、Zr等杂质。

（8）MgO：1～450K时试件为纯度99.96%的单晶体。

（9）MgO*：250～2500K时试件为多晶体，纯度为99.5%。

（10）MnO：4.0～310K时试件为单晶体，长2cm，直径为0.5cm。

（11）MnO*：500～1100K试件为0.5in，直径为0.5in（1in≈2.54cm）。测试在空气中进行。

（12）Mn_3O_4：试件密度为4.21g/cm^3，吸水率为0.02%。1547K下燃烧。

（13）Ni_2O_3：试件堆积密度为5.05g/cm^3，总孔率为32%。

（14）SnO_2：试件纯度为98%。

（15）ThO_2：试件为多晶体，纯度为99.5%，密度为98%。

（16）TiO_2：1～400K时试件为99.997^{+}%纯金红石单晶，热流方向平行于c轴。

（17）TiO_2*：250～1400K时试件为多晶体，纯度为99.5%。

（18）ZnO：3005～400K时试件呈黄色、其制备方法是：在1367K下煅烧并在103MPa压力下干燥，在1583K下热浸1h。试件密度为5.28g/cm^3。

（19）ZnO*：700～1100K时试件是由商品纯ZnO粉浆浇铸，加热到1100℃成形，然后在1300℃下烘烤而成，总孔率为34%。

（20）ZrO：试件为中空椭球，内腔短轴为2cm，内腔长轴约10cm，外短轴为4cm。总孔率7.76%～10.00%，整体密度为5.22～5.35g/cm^3。

4.2.9　比焓和比熵

表4.2.15　固态三氧化二铬的比焓及比熵

项　目	温度/K							
	400	500	600	700	800	900	1000	1100
H_T-$H_{298.2}$/(kJ/mol)	11.47	23.19	35.09	47.23	59.58	72.05	84.74	97.64
S_T-$S_{298.2}$/[J/(mol·K)]	34.67	60.79	82.44	101.2	117.6	132.3	145.7	158.0
项　目	温度/K							
	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
H_T-$H_{298.2}$/(kJ/mol)	97.64	110.7	123.7	136.8	149.8	163.0	176.0	189.2
S_T-$S_{298.2}$/[J/(mol·K)]	158.0	169.3	179.7	189.5	198.5	206.9	214.9	222.4

表 4.2.16 其他金属氧化物的焓　　单位：kJ/mol

项　　目	氧化钙	三氧化铬	氧化亚铁	三氧化二铁	氧化镁	氧化钛	氧化锌
25℃时理想气体标准生成焓	43.9	−292.88	251.04	0	58.1576	−305.43	−123
25℃时标准燃烧焓	—	—	−140.71	825.5	—	—	—
常规沸点下的汽化焓	—	—	—	—	474.47	—	—

4.2.10 熔融热和汽化热

表 4.2.17 金属氧化物的熔融热和汽化热　　单位：kJ/mol

分子式	熔解热	汽化热	分子式	熔解热	汽化热	分子式	熔解热	汽化热	分子式	熔解热	汽化热
Al_2O_3	(108.8)		Fe_3O_4	138.2		$OsO_4$②	9.80		TiO_2	64.90	
BaO	57.78		KO_2	16.41		PbO①	11.72	213.5	Ti_2O_3	160.8	
BeO	71.18	489.9	K_2O_2	25.54		PuO_2		560.2	VO	62.80	
Bi_2O_3	28.47		K_2O_3	29.43		ReO_2		274.8③	V_2O_3	117.2	
CaO	50.24		MgO	77.46		ReO_3	21.77	208.5	V_2O_4	113.9	
CdO		225.3④	MnO	54.43		Re_2O_7	66.15	74.1	V_2O_5	65.15	263.8
CrO_3	15.78		MnO_4	(163.3)		Re_2O_8	15.91		WO_3	58.37	
Cr_2O_3	17.58		MoO_3	52.50	138.2	$Sb_4O_6$④	113.0	74.6	ZnO	18.72	
CuO	11.80		Na_2O_2	24.53		Ta_2O_5	201.0		ZrO_2	87.09	
Cu_2O	56.10		Nb_2O_5	101.3		ThO_2	1219				
FeO	32.24		$OsO_4$①	17.00	39.6	TiO	58.62				

① 黄色。
② 白色。
③ 升华热。
④ 斜方晶。

4.2.11 其 他 物 性

表 4.2.18 氧化镁的临界参数

临界参数	临界温度/K	临界压力/kPa	临界体积/(L/mol)	临界压缩因子
数值	5950	3391.4	0.2095	0.0144

表 4.2.19 三相点温度和三相点压力

项　目	氧化铝	氧化钙	三氧化铬	氧化亚铁	三氧化二铁	氧化镁	过氧化钠	氧化钛	氧化锌
三相点温度/K	2325	3173.15	470	1650	1867.15	3105	948	2130	2248.2
三相点压力/Pa	45.099	—	—	—	—	—	—	—	—

表 4.2.20 金属氧化物的介电常数

物料名	介电常数	物料名	介电常数	物料名	介电常数
一氧化铅(15.6℃)	25.9	氧化钽	11.6	氧化铝	9.3～11.5
二氧化钛	110.0	氧化铁	14.2	氧化锆	12.5
二氧化锰	5.2	氧化亚铁	$14.2^{15.6}$	氧化锌	1.7～2.5
氧化钍	10.6	氧化铅	25.9	氧化镁	9.7
氧化钙(颗粒)	11.8	氧化铜	18.1^{16}	氧化氮(0℃)	1.6
氧化钛	40～50				

4.2.12 质 量 指 标

表 4.2.21 工业氧化铁的质量指标（HG/T 2574—2009）

项 目		指标(质量分数)/%			
		Ⅰ型(用于软、硬磁铁氧体)			Ⅱ型
		优等品	一等品	合格品	(用于抛光膏等)
主含量(以 Fe_2O_3 计)	≥	99.8	98.5	99.0	96.0
干燥失重	≤	0.20	0.30	0.60	1.0
二氧化硅(SiO_2)	≤	0.008	0.010	0.015	—
铝(Al)	≤	0.010	0.020	0.030	—
硫酸盐(以 SO_4 计)	≤	0.10	0.15	0.20	—
氯化物(以 Cl 计)	≤	0.08	0.10	0.20	—
外观		棕红色或褐红色结晶粉末			

表 4.2.22 氧化铁红的质量指标（GB 1863—89）

项 目		指 标					
		HO_{01-04}		HO_{01-02}		HO_{01-05}	
		一级品	合格品	一级品	合格品	一级品	合格品
铁含量(以 Fe_2O_3 计,105℃烘干)/%	≥	95	90	94	90	75	67
105℃挥发物/%	≤	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5
水溶物/%	≤	0.3	0.5	0.3	0.5	1.0	2.0
水溶性氯化物及硫酸盐(以 Cl^- 和 SO_4^{2-} 计)/%	≤	0.20	0.3	0.2	0.3	0.7	1.4
筛余物(63μm 网眼)/%	≤	0.3	0.5	0.3	0.5	0.2	0.5
相对着色力(与标准样比)/%	≥	95	90	95	90	95	90
水萃取液酸碱度/mL	≤	20		20		20	
水悬浮液 pH 值		5～7		5～7		5～7	
吸油量/(g/100g)		15～25		15～25		15～25	
总钙量(以 CaO 计)/%	≤	0.3		0.3		1.0	
铬酸铅		阴性		阴性		阴性	
有机着色物的存在		阴性		阴性		阴性	
颜色(与标准样比)		近似～微稍					

用途：其红棕色粉末为一种低级颜料，用于涂料、油墨、橡胶等工业中，也可做催化剂、玻璃、宝石、金属的抛光剂等。

表 4.2.23 氧化铁黑的质量指标（HG/T 2250—91）

项 目		指 标		项 目		指 标	
		一级品	二级品			一级品	二级品
铁含量[以 Fe_3O_4(105℃烘干)计]/%	≥	95	90	吸油量/(g/100g)		15～25	15～25
105℃挥发物/%	≤	1.0	2	钙量(以 CaO 计)/%	≤	0.3	0.3
水溶物/%	≤	0.5	1	颜色(与标准样比)		近似～微	稍
筛余物(45μm 筛孔)/%	≤	0.4	1	相对着色力(与标准样比)/%	≥	100	90
水萃取液酸碱度/mL	≤	20	20	有机着色物的存在		阴性	阻性
水悬浮液 pH 值		5～8	5～8				

用途：用作水彩、油彩、油黑的颜料，涂料工业用于制造防锈漆及其他底漆等。建筑工业用于各种建筑结构及混凝土制品的着色，电子电信工业用于制造磁钢，也用作碱性干电池的阴极板，在机械制造业用于钢铁探伤。

表 4.2.24 铁氧体用氧化铁的质量指标（GB/T 24244—2009）

项目	指标(质量分数)/%				
	YHT1	YHT2	YHT3	YHT4	YHT5
氧化铁(Fe_2O_3) ≥	99.40	99.20	99.00	98.50	98.00
二氧化硅(SiO_2) ≤	0.008	0.010	0.015	0.030	0.040
氧化钙(CaO) ≤	0.010	0.015	0.020	0.030	0.040
三氧化二铝(Al_2O_3) ≤	0.008	0.010	0.020	0.040	0.080
氧化锰(MnO_2) ≤	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计) ≤	0.05	0.10	0.15	0.15	0.20
氯化物(Cl^-) ≤	0.10	0.15	0.15	0.20	0.25
二氧化钛(TiO_2) ≤	0.005	(0.01)	(0.01)	(0.02)	—
氧化镁(MgO) ≤	0.01	(0.01)	(0.02)	(0.05)	—
氧化钠(Na_2O) ≤	0.010	(0.010)	(0.015)	(0.030)	—
氧化钾(K_2O) ≤	0.005	(0.005)	(0.010)	(0.030)	—
水分或干燥失重(H_2O) ≤	0.5	0.5	0.5	0.5	—
五氧化二磷(P_2O_5) ≤	0.005	(0.01)	(0.02)	(0.03)	—
氧化镍(NiO) ≤	0.012	(0.015)	(0.020)	(0.040)	—
三氧化二铬(Gr_2O_3) ≤	0.01	(0.01)	(0.02)	(0.04)	—
氧化铜(CuO) ≤	0.005	(0.010)	(0.020)	(0.040)	—
硼(B) ≤	0.0007	0.0010	0.0010	—	—
松装密度 BD/(g/cm^3) ≥	0.40	0.35		—	
比表面积 SSA/(m^2/g) ≥	3.0	1.8		—	
平均粒径 APS/μm	0.6～1.5			—	
外观	红褐色、粉状			红褐色、粉状	

注：括号内仅作参考值。

表 4.2.25 氧化铜粉的质量指标（GB/T 26046—2010）

项目	指标		
	CuO990	CuO985	CuO980
氧化铜(CuO)(质量分数)/% ≥	99.0	98.5	98.0
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.05	0.10	0.15
氯化物(Cl^-) ≤	0.005	0.010	0.015
硫化合物(SO_4 计) ≤	0.01	0.05	0.1
铁(Fe) ≤	0.01	0.04	0.1
总氮量(N) ≤	0.005	—	—
水溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	0.1

用途：除烟花使用外，还可作玻璃和瓷器着色剂、油类的脱硫剂、有机合成的催化剂，并用于制人造丝和气体分析。

表 4.2.26 工业氧化亚铜的质量指标（HG/T 2961—2010）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
总还原率(以 Cu_2O 计)(质量分数)/% ≥	98.0	97.0	—
金属铜(Cu)(质量分数)/% ≤	1.0	2.0	3.0
氧化亚铜(以 Cu_2O 计)(质量分数)/% ≥	97.0	96.0	95.0
总铜(Cu)(质量分数)/% ≥	87.0	86.0	—
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.5	0.5	—
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.5	0.5	—
水分(质量分数)/% ≤	0.5	0.5	0.5
丙酮溶解物(质量分数)/% ≤	0.5	—	—
稳定性试验后还原率减少量(质量分数)/% ≤	2.0	2.0	—
筛余物(45μm)(质量分数)/% ≤	0.3	0.5	1.0
75μm 筛上硝酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.1	—	—
非铜金属(质量分数)/% ≤	0.5	—	—
外观	橙红至暗红色粉末		

用途：用于制船底防污漆。用作杀菌剂（86.2%铜大师 WP、WG），陶瓷和搪瓷的着色剂、红色玻璃染色剂，还用于制造各种铜盐、分析试剂及用于电器工业中的整流电镀、农作物的杀菌剂和整流器的材料等。

表 4.2.27 试剂用线状氧化铜的质量指标（HG/T 3490—2003）

项目	分析纯	项目	分析纯
含量(以 Cu 计)(质量分数)/% ≥	87.0	总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.002
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.005	碳化合物(以 C 计)(质量分数)/% ≤	0.002
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.005		

表 4.2.28 试剂用氧化铜粉的质量指标（GB/T 674—2003）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
氧化铜(CuO)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	碳化合物(以 CO_3 计)(质量分数)/% ≤	0.025	0.10
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.02	0.05	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.01	0.04
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.003	0.005	氧化亚铜(Cu_2O)(质量分数)/% ≤	0.05	0.10
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	硫化氢不沉淀物(质量分数)/% ≤	0.20	0.50
总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	外观	黑色粉末	

表 4.2.29 工业铬酸酐的质量指标（GB 1610—2009）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
铬酸酐(CrO_3)(以干基计)(质量分数)/% ≥	99.8	99.6	99.2
硫酸盐(以 SO_4)(质量分数)/% ≤	0.05	0.10	0.20
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	0.05
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.04	—	—
浊度/NTU ≤	5	15	—
外观	紫红色片状物或颗粒物		

用途：用于生产铬化合物，还在化工、印染等行业作氧化剂使用。

表 4.2.30 三氧化铬的质量指标（HG/T 2775—2010）

项目	指标					
	Ⅰ类(颜料用)			Ⅱ类(磨料用)		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
三氧化二铬(以 Cr_2O_3 计)(质量分数)/% ≥	99.0	99.0	98.0	99.0	99.0	98.0
水溶性铬(以铬计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.03	0.03	0.005	0.03	0.03
水分(质量分数)/% ≤	0.15	0.15	0.3	0.15	0.15	0.3
水溶物(质量分数)/% ≤	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.5
pH 值(100g/L 悬浮液)	6～8	5～8	5～8	—	—	—
吸油量/(g/100g)	15～25	15～25	15～25	≤20	≤25	≤25
筛余物(0.045mm 试验筛)(质量分数)/% ≤	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	—
色光	用户协议			—		
相对着色力	用户协议			—		
外观	翠绿色或暗绿色粉末					

用途：用作强氧化剂，用于测定碳和磷、油类和乙烯的纯化及铬盐的生产。

表 4.2.31 试剂用三氧化铬的质量指标（HG/T 3444—2003）

项目	指标 分析纯	指标 化学纯	项目	指标 分析纯	指标 化学纯
含量(CrO_3)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	铝(Al)(质量分数)/% ≤	0.003	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.003	0.01	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.05	0.1
氯化物(Cl)，硼/% ≤	0.001	0.005	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	外观	深红色针状或三棱形结晶	
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.15	0.3			

用途：分析试剂、电镀、氧化剂、电子工业、催化剂、陶瓷、颜料、制药、玻璃、鞣革等。

表 4.2.32 工业三氧化二铬的质量指标（HG/T 2775—1996）

项目	指标 Ⅰ类(颜)料用 优等品	一等品	合格品	Ⅱ类(磨料用) 优等品	一等品	合格品
三氧化二铬(Cr_2O_3)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	97.0	99.0	98.0	97.0
水分/% ≤	0.15	0.30	0.50	0.15	0.30	0.50
水溶物(质量分数)/% ≤	0.1	0.4	0.7	0.2	0.4	0.7
细度 45μm/% ≤	0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	(75μm)0.5
吸油量/(g/100g)	15～25	15～25	15～25	<20	<25	<25
水溶液 pH 值	6～8	5～8	5～8	不规定		
色光	符合要求			不规定		
相对着色力/%	符合要求			不规定		
外观	暗绿或翠绿色粉末，有金属光泽					

注：色光标准和相对着色力标准由生产厂与用户协商。

用途：用于冶炼金属铬、碳化铬，皮革和建材的着色、釉等。

表 4.2.33 试剂用黄色氧化汞的质量指标（HG/T 3469—2003）

项目	指标 分析纯	指标 化学纯	项目	指标 分析纯	指标 化学纯
含量(HgO)/% ≥	99.5	99.0	总氮量(N)/% ≤	0.0025	0.005
澄清度试验	合格	合格	铁(Fe)/% ≤	0.002	0.005
灼烧残渣/% ≤	0.03	0.06	其他重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.001	0.003
氯化物(Cl)/% ≤	0.005	0.01	外观	黄色或橙黄色粉末	
硫酸盐(SO_4)/% ≤	0.005	0.01			

用途：用作氧化剂，并用于制有机汞化合物、医药制剂、分析试剂、陶瓷用颜料等。

表 4.2.34 工业三氧化二锑的质量指标（GB 4062—1998）

项目	指标 Sb_2O_3-0	Sb_2O_3-1	Sb_2O_3-2
三氧化二锑(质量分数)/% ≥	99.5	99.00	98.00
三氧化二砷(质量分数)/% ≤	0.06	0.12	0.30
氧化铅(质量分数)/% ≤	0.12	0.20	—
硫(质量分数)/% ≤	—	—	0.15
杂质总和(质量分数)/% ≤	0.50	—	—
颜色	纯白	白色	白色(可带微红)
细度 325 目筛余数	0.1	0.5	—
细度 100 目筛余数	—	—	全通过

用途：橡胶工业中作填充剂和阻燃剂；搪瓷、陶瓷制品中作遮盖剂；电子工业中用于制作压敏陶瓷及磁头零件用的非磁性陶瓷；涂料工业中作为白色颜料及阻燃剂；玻璃制品中用作玻璃澄清剂；用作有机合成的催化剂。

表 4.2.35　五氧化二锑的质量指标

项目		胶体				非胶体	
		JT33	JT40	JT50	JT80	Sb20585	Sb20595
化学成分/%	Sb_2O_5 ≥	33	40	50	80	85	95
	胺 ≤	4	10	5	8	—	—
	As_2O_3 ≤	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
物理性能	黏度/$\times10^{-3}$Pa·s ≤	20	60	30	—	—	—
	密度/(g/cm^3)	1.43～1.45	1.65～1.75	1.83～1.85	—	—	—
	稳定性/年 ≤	1	1	1	—	—	—
	挥发物/%	63	50	45	—	—	—
	沸点/℃	100～103	100～103	100～103	—	—	—
	pH 值	4.0～7.0	4.0～7.0	4.0～7.0	4.0～7.0	4.0～7.0	4.0～7.0
	热分解度/℃	400	400	400	400	400	400
	凝固点/℃	−5～10	−5～10	−5～10	—	—	—
	溶解性	与水互溶	与水互溶	与水互溶	重溶于水		

用途：可作为纤织物、塑料、纸张、橡胶和覆铜箔层压板的高效阻燃、增效剂，能增强塑料或其他材料的抗静电能力；也可用作金属钝化剂应用于石油炼制行业。

表 4.2.36　纳米氧化铝的质量指标（GB/T 26824—2011）

项目		指标
主含量(Al_2O_3)	≥	98.0
晶体结构		α 或 γ
平均粒径/nm	≤	100
比表面积/(m^2/g)	≥	10
灼烧失量(质量分数)/%	≤	0.60
二氧化硅(SiO_2，以 300℃干基计)(质量分数)/%	≤	0.20
三氧化二铁(Fe_2O_3，以 300℃干基计)(质量分数)/%	≤	0.20
氧化钠(Na_2O，以 300℃干基计)(质量分数)/%	≤	0.10
氧化钙(CaO，以 300℃干基计)(质量分数)/%	≤	0.10
氧化镁(MgO，以 300℃干基计)(质量分数)/%	≤	0.05
外观		一般为白色粉末

用途：可广泛用于各种塑料、橡胶、陶瓷、耐火材料等产品的补强增韧，特别是提高陶瓷的致密性、光洁度、冷热疲劳性、断裂韧性、抗蠕变性能和高分子材料产品的耐磨性能尤为显著。

表 4.2.37　工业活性氧化铝的质量指标（HG/T 3927—2007）

项目		指标					
		吸附剂	除氟剂	再生剂	脱氯剂	催化剂载体	空分干燥剂
三氧化二铝(质量分数)/%	≥	90	90	92	90	93	88
灼烧失重(质量分数)/%	≤	8	8	8	8	8	9
振实密度/(g/cm^3)	≥	0.65	0.70	0.65	0.60	0.50	0.60
比表面积/(m^2/g)		280	280	200	300	200	300
孔容/(cm^3/g)		0.35	0.35	0.40	0.35	0.40	0.35
静态吸附量(60%相对湿度)/%		12	12	—	10	—	17
吸水率/%		—	—	50	—	40	—
磨耗率/%		0.5	0.5	0.4	0.5	1.0	0.5

续表

抗压强度/(N/颗) ≥	粒径 0.5～2mm	10	抗压强度/(N/颗) ≥	粒径 4～6mm	130
	粒径 1～2.5mm	35		粒径 5～7mm	150
	粒径 2～4mm	50		粒径 6～8mm	200
	粒径 3～5mm	100		粒径 8～10mm	250
粒度合格率/% ≥		90			

用途：用于多种气体和液体的干燥，在石油和化肥、化工等许多反应过程中用作吸附剂、干燥剂、催化剂及载体。

表 4.2.38 食用过氧化钙的质量指标（GB 25573—2010）

项目	指标	项目	指标
活性氧(O)(质量分数)/% ≥	16.6	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	4
水分(质量分数)/% ≤	2.0	砷(As)/(mg/kg) ≤	3
pH 值(10g/L 水溶液)	11～13	氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤	50
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10	外观	淡黄色结晶粉末

用途：主要用于面包等焙烤制品和果蔬保鲜。也作氧化剂、面团改良剂、小麦粉处理剂、豆芽促长剂、水处理剂。

表 4.2.39 工业氧化镁的质量指标（HG/T 2573—2006）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
氧化镁(以 MgO 计)(质量分数)/% ≥	95.0	93.0	92.0
氧化钙(以 CaO 计)(质量分数)/% ≤	1.0	1.5	2.0
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.05	0.06	0.10
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.10	0.20	—
筛余物(150μm)(质量分数)/% ≤	0	0.03	0.05
灼烧失量(质量分数)/% ≥	3.5	5.0	5.5
硫酸盐(质量分数)/% ≤	0.2	—	—
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.07	0.20	0.30
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.003	0.010	—
堆积密度/(g/mL) ≤	0.16	0.20	0.25
外观	白色或米白色轻松粉末		

用途：用于测定煤中的硫和黄铁矿及钢中的硫和砷，是用作白色颜料的标准。轻质氧化镁主要用作制备陶瓷、搪瓷、耐火坩锅和耐火砖的原料。

表 4.2.40 轻烧氧化镁的质量指标（GB 9354—88）

项目		指标				
		MgO (质量分数)/%≤	SiO_2 (质量分数)/%≤	CaO (质量分数)/%≤	灼烧减量 (质量分数)/%≤	颗粒规格
QM-96	—	96	0.5	1.0	2.0	−120 目 ≥97%
QM-95	—	95	1.0	1.5	3.0	
QM-94	—	94	2.0	2.0	4.0	

续表

项　目		指　标				
		MgO（质量分数）/%≤	SiO_2（质量分数）/%≤	CaO（质量分数）/%≤	灼烧减量（质量分数）/%≤	颗粒规格
QM-92	—	92	3.0	2.0	5.0	-100 目 ≥97%
QM-90	a	90	4.0	2.0	6.0	
	b			2.5		
QM-87	a	87	5.0	2.0	7.0	
	b			3.5		
QM-85	a	85	6.0	2.0	8.0	
	b			4.0		
QM-80	a	80	8.0	2.0	10.0	
	b			6.0		
QM-75	a	75	10.0	2.0	12.0	
	b			8.0		

用途：可作为浅色橡胶的填充剂和补强剂；是食品和饮料的添加剂；也用于搪瓷、陶瓷、涂料、造纸、染料等行业；在医药和高级耐火材料工业中，也有重要作用。

表 4.2.41　工业重质氧化镁的质量指标（HG/T 2679—1995）

项　目			指　标			
			Ⅰ类（化工、建材、钢铁行业用）		Ⅱ类（粮食、机械、建材行业用）	
			一等品	合格品	一等品	合格品
氧化镁（MgO）（质量分数）/%		≥	90.0	85.0	93.0	90.0
氧化钙（CaO）（质量分数）/%		≤	1.5	2.0	—	—
盐酸不溶物（质量分数）/%		≤	2.0	4.0	—	—
三氧化二铁（Fe_2O_3）（质量分数）/%		≤	2.5	3.0	—	—
灼烧失量（质量分数）/%		≤	3.0	5.0	3.5	4.0
筛余物（125μm 筛）（质量分数）/%		≤	0.5	0.5	0.5	0.5
密度/（g/cm^3）			—	—	3.30～3.43	—
凝固时间	初凝时间/min	≤	—	—	40	40
	终凝时间/h	≤	—	—	4.0	8.0
抗折强度/MPa		≥	—	—	4.0	8.0
外观			米黄、灰白或土红色粉末			

用途：用于橡胶、电木粉、制药、钢球抛光、水处理、锅炉药剂、耐火材料、建筑陶瓷；作染料，催化剂，防火材料等。

表 4.2.42　软磁铁氧体用氧化镁的质量指标（HG/T 2769—2009）

项　目		指　标	
		一等品	合格品
氧化镁（MgO）（质量分数）/%	≥	97.0	95.0
氧化钙（CaO）（质量分数）/%	≤	0.5	1.0
盐酸不溶物（质量分数）/%	≤	0.10	0.50
硫酸盐（以 SO_4^{2-} 计）（质量分数）/%	≤	0.20	—
氯化物（以 Cl^- 计）/%	≤	0.20	0.40
铁（Fe）（质量分数）/%	≤	0.10	0.30
锰（Mn）（质量分数）/%	≤	0.05	0.10
钾（K）（质量分数）/%	≤	0.01	0.02

续表

项目		指标	
		一等品	合格品
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02
铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
硅(以 SiO_2 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02
硼(B)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02
筛余物(150μm 试验筛)(质量分数)/%	≤	0.03	0.05
灼烧失量(质量分数)/%	≤	2.0	2.5
堆积密度/(g/mL)		0.15～0.25	0.15～0.25
外观		白色轻质粉末	白色轻质粉末

用途：是电子工业中用于生产软磁铁氧体的原料。

表 4.2.43　菱镁制品用工业氧化镁的质量指标（WB/T 1018—2002）

单位：%（质量分数）

项目		指标	项目		指标
氯化镁($MgCl_2$)	≥	45.00	氯化钙($CaCl_2$)	≤	1.00
氯化钠(NaCl)	≤	1.50	硫酸根离子(SO_4^{2-})	≤	3.00
氯化钾(KCl)	≤	0.70	外观		白色或灰白色也或黄褐色

用途：用于制作各种菱镁制品（建筑模板、发泡板、轻质隔墙、大棚骨架等）。

表 4.2.44　菱镁制品用轻烧氧化镁的质量指标（WB/T 1019—2002）

项目		QM-85	QM-80	QM-75
		优等品(A)	一等品(B)	合格品(C)
氧化镁(MgO)(质量分数)/%	≥	85	80	75
活性 MgO(质量分数)/%	≥	65	60	50
氧化钙(MgO)(质量分数)/%	≤	1.5	2.0	2.0
灼烧失重		1～9	1～9	≤12.0

表 4.2.45　工业活性轻质氧化镁的质量指标（HG/T 3928—2007）

项目		活性-180		活性-150		活性-120		活性-80		活性-60	活性-40
		一等品	合格品	脱色用	橡胶用	一等品	合格品	一等品	合格品		
氧化镁(MgO)(质量分数)/%	≥	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	92.0	90.0	92.0	92.0
氧化钙(MgO)(质量分数)/%	≤	0.3	0.3	0.8	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2
盐酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
筛余物(75μm 试验筛)(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.20	0.05	0.20	0.15	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10
灼烧失量(质量分数)/%	≤	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	6.0	8.0	6.0	6.0
堆积密度/(g/mL)		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.12	0.12
吸碘值/(mg/g)		>180.0		150.1～180.0		120.1～150.0		80.1～120.0		60.1～80.0	40.1～60.0

表 4.2.46　二氧化锡的质量指标（GB/T 26013—2010）

生产方法	牌号	SnO_2 ≥	杂质含量(质量分数)/%　≤									过筛率/%
			Fe	Cu	Pb	As	Sb	S	硫酸盐(以SO_4^{2-}计)	灼烧失重	盐酸可溶物	
气化法	SnO_2-98.00	98.00	0.040	0.020	0.06	0.010	—	0.03	—	0.50	—	(−0.010mm)
	SnO_2-99.00	99.00	0.035	0.015	0.05	0.005	—	0.02	—	0.35	—	98
酸法	SnO_2-98.00	98.00	0.040	—	0.06	—	0.04	—	0.50	0.50	0.50	(−0.125mm)
	SnO_2-99.00	99.00	0.035	—	0.04	—	0.03	—	0.10	0.50	0.40	98

注：SnO_2-98.00 应用于工业级，SnO_2-99.00 应用于电子级。

用途：用作电子元器件生产、搪瓷色料、锡盐制造、大理石及玻璃的磨光剂；制造不透明玻璃、防冻玻璃和高强度玻璃等，还可用于对有害气体的监测。

表 4.2.47　试剂用五氧化二钒的质量指标（HG/T 3485—2003）

项　目		指　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量(V_2O_5)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	99.0
盐酸不溶物及硅酸盐(质量分数)/%	≤	0.1	0.2	0.3
灼烧失量(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.25
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.04
铵(NH_4)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.1
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.04	0.1
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.03
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
外观		黄棕色或砖红色粉末		

用途：用作分析试剂、催化剂、玻璃用紫外线阻止剂和显影剂；广泛用于有机合成工业及硫酸工业中，也用作玻璃搪瓷着色剂，磁性材料；用于冶金工业制钒铁合金钢，合成氨工业中脱碳、脱硫和催化剂。用做印染、陶瓷的着色材料，石油化工装置中设备防腐的缓蚀剂，也是制备钒化合物的原料。

表 4.2.48　一氧化铅的质量指标（GB 3677—83）

项　目		指　标		
		一级品	二级品	玻璃工业用
氧化铅(以 PbO 计)/%	≥	99.3	99	99
金属铅(以 Pb 计)/%	≤	0.1	0.2	0.2
过氧化铅(以 PbO_2 计)/%	≤	0.05	0.1	0.1
硝酸不溶物/%	≤	0.1	0.2	0.2
水分/%	≤	0.2	0.2	0.2
三氧化二铁(以 Fe_2O_3 计)/%	≤	—	—	0.005
氧化铜(以 CuO 计)/%	≤	—	—	0.002
细度(180 目筛余物)/%	≤	0.2	0.5	0.5

用途：用作颜料、冶金助熔剂及涂料催干剂，并用于石油、橡胶、玻璃、搪瓷等工业。

表 4.2.49　电子工业用粒状一氧化铅的质量指标（HG/T 2325—2004）

项　目		指　标	
		优等品	一等品
一氧化铅(PbO)(质量分数)/%	≥	99.5	99.5
金属铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.04	0.1
铁(以 Fe_2O_3 计)(质量分数)/%	≤	0.003	0.005

续表

项目		指标	
		优等品	一等品
氧化铜(CuO)(质量分数)/% ≤		0.001	0.002
乙酸不溶物(质量分数)/% ≤		0.1	0.2
水分/% ≤		0.2	0.2
粒度/% ≥	3.35mm 筛余物	0	0
	106μm 筛余物	95.0	95.0

注：用户对粒度有特殊要求时，供需协商。

用途：主要用于电子工业中生产含铅玻璃及高档含铅水晶玻璃。

表 4.2.50 四氧化三铅的质量指标（GB 1705—1986）

项目	指标			
	涂料工业用不凝结型	涂料工业用高分散性	一级品	二级品
二氧化铅/% ≥	33.9	33.9	33.9	33.2
原高铅酸铅/% ≥	97	97	97	95
原高铅酸铅及游离一氧化铅总量/% ≥	99	99	—	
105℃挥发物/% ≤	0.2	0.2	0.2	
水溶物/% ≤	0.1	0.1	—	
筛余物(63μm)/% ≤	0.75	0.30	0.75	
吸油量/(g/100g) ≤	6	6	—	
沉降容积/mL ≥	—	30	—	
不凝结性	制漆后在空气中露置 14 天，能搅匀，易涂刷		—	
硝酸不溶物/% ≤	0.1	0.1	0.1	
三氧化二铁/% ≤	—	—	0.005	
氧化铜/% ≤	—	—	0.002	

用途：广泛用于防锈漆。还用于玻璃、陶釉、搪瓷、压电元件的制造。可用作染料及其他有机合成的氧化剂。另外还应用于橡胶着色、蓄电池、医药、合成树脂等。

表 4.2.51 纳米氧化锌的质量指标（GB/T 19589—2004）

项目	指标		
	1 类	2 类	3 类
氧化锌(ZnO)(质量分数)/% ≥	99.0	97.0	95.0
电镜平均粒径/mm ≤	100	100	100
XRD 线宽化法平均晶粒/nm ≤	100	100	100
比表面积/(m^2/g) ≥	15	15	35
团聚指数 ≤	100	100	100
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.001	0.001	0.03
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.001	0.001	0.005
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0005	0.003
镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0015	0.005	—
汞(Hg)(质量分数)/% ≤	0.0001	—	—
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0003	—	—
105℃挥发物(质量分数)/% ≤	0.5	0.5	0.7
水溶物(质量分数)/% ≤	0.10	0.10	0.7
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.02	0.02	0.05
灼烧失重(质量分数)/% ≤	—	2	4

用途：广泛应用于防晒型化妆品、抗菌防臭和抗紫外线的新型功能纤维、自洁抗菌玻

璃、陶瓷、防红外与紫外的屏蔽材料、卫生洁具和污水处理等产品。

表 4.2.52　直接法氧化锌的质量指标（GB/T 3494—1996）

项　　目		指　　标				
		ZnO-X1(1级)	ZnO-X2(2级)	ZnO-T1(1级)	ZnO-T2(2级)	ZnO-T3(3级)
		主要用于橡胶		主要用于涂料		
氧化锌(以干品计)/%	⩾	99.5	99.0	99.5	99.0	99.0
氧化铅(PbO)/%	⩽	0.12	0.20	—	—	—
氧化镉(CdO)/%	⩽	0.02	0.05	—	—	—
氧化铜(CuO)/%	⩽	0.006	—	—	—	—
锰(Mn)/%	⩽	0.0002	—	—	—	—
金属锌		无	无	无	—	—
盐酸不溶物/%	⩽	0.03	0.04	—	—	—
灼烧减量/%	⩽	0.4	0.6	0.4	0.6	—
水溶物/%	⩽	0.4	0.6	0.4	0.6	0.8
筛余物(45μm湿筛)/%	⩽	0.28	0.32	0.28	0.32	0.35
105℃挥发物/%	⩽	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
遮盖力/(g/m²)	⩽	—	—	150	150	150
吸油量/(g/100g)	⩽	—	—	18	20	20
消色力/%	⩽	—	—	100	95	95
颜色(与标准样品比)		符合标样		符合标样		

用途：直接法氧化锌应用于陶瓷、玻璃、塑料、水泥制品、合成橡胶、润滑油、涂料、药膏、黏合剂、密封剂、颜料、食品、电池、阻燃剂等产品的生产制作中。

表 4.2.53　间接法氧化锌的质量指标（GB/T 3185—92）

项　　目		指　　标					
		BA01-05(Ⅰ型)(橡胶用)			BA01-05(Ⅱ型)(涂料用)		
		优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品
氧化锌(以干品计)/%	⩾	99.7	99.5	99.4	99.7	99.5	99.4
金属物(以Zn计)/%	⩽	无	无	0.008	无	无	0.008
氧化铅(以Pb计)/%	⩽	0.037	0.05	0.14	—	—	—
锰的氧化物(以Mn计)/%	⩽	0.0001	0.0001	0.0003	—	—	—
氧化铜(以Cu计)/%	⩽	0.0002	0.0004	0.0007	—	—	—
盐酸不溶物/%	⩽	0.006	0.008	0.05	—	—	—
灼烧减量/%	⩽	0.2	0.2	0.2	—	—	—
筛余物(45μm网眼)/%	⩽	0.1	0.15	0.2	0.1	0.15	0.2
水溶物/%	⩽	0.1	0.1	0.15	0.1	0.1	0.15
105℃挥发物/%	⩽	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
吸油量/(g/100g)	⩽	—	—	—	14	14	14
颜色(与标准样比)		—	—	—	近似	微近	稍近
消色力(与标准样比)/%	⩾	—	—	—	100	95	90

注：Ⅱ型“颜色”、“消色力”的标准样由兰州化工原料厂提供。

用途：用作白色颜料，用于印染、造纸、火柴及医药工业。在橡胶工业中用作橡胶和乳胶的硫化活性剂、补强剂及着色剂。也用于颜料锌铬黄、乙酸锌、碳酸锌、氯化锌等的制造。此外，还用于电子激光材料、荧光粉、料添加剂、催化剂、磁性材料制造等。

表 4.2.54 工业活性氧化锌的质量指标（HG/T 2572—2006）

项　目		指标	项　目		指标
氧化锌(ZnO)(质量分数)/%	≥	95.0～98.0	氧化锰(以 Mn 计)(质量分数)/%	≤	0.001
105℃挥发物(质量分数)/%	≤	0.5	氧化铜(以 Cu 计)(质量分数)/%	≤	0.001
水溶物(质量分数)/%	≤	0.5	氧化镉(以 Cd 计)(质量分数)/%	≤	0.005
灼烧减量(质量分数)/%		1～4	筛余物(45μm 网眼)(质量分数)/%	≤	0.1
盐酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.04	外形结构		球状或链球状
氧化铅(以 PbO 计)(质量分数)/%	≤	0.01	比表面积/(m^2/g)		40

用途：主要用于涂料、橡胶、医药、化工、汽车工业和轻工等。

表 4.2.55 软磁铁氧体用四氧化三锰的质量指标（GB/T 21836—2008）

单位：%（质量分数）

项　目		牌　号			
		RM-06A	RM-06B	RM-15A	RM-15B
锰(Mn)	≤	71.0	71.0	70.0	70.0
二氧化硅(SiO_2)	≤	0.01	0.01	0.01	0.01
氧化钙(CaO)	≤	0.01	0.01	0.01	0.01
氧化镁(MgO)	≤	0.01	0.01	0.01	0.01
氧化钠(NaO)	≤	0.005	0.005	0.005	0.005
氧化钾(K_2O)	≤	0.005	0.005	0.005	0.01
三氧化二铁(Fe_2O_3)	≤	0.70	0.70	0.70	0.70
硫(S)	≤	0.05	0.05	0.05	0.05
硒(Se)	≤	—	0.002	—	0.002

注：化学成分均以干基计。

用途：在电子工业中用于生产软磁铁氧体的原料。

表 4.2.56 软磁铁氧体用四氧化三锰的质量指标（HG/T 2835—1997）

项　目		指　标		
		优等品	一等品	合格品
锰(Mn)含量/%	≥	71.0	70.0	69.0
二氧化硫(SO_2)含量/%	≤	0.01	0.01	0.02
钾(K)含量/%	≤	0.005	0.01	0.02
钠(Na)含量/%	≤	0.01	0.02	0.03
钙(Ca)含量/%	≤	0.01	0.03	0.05
镁(Mg)含量/%	≤	0.005	0.01	0.02
铅(Pb)含量/%	≤	0.001	0.005	0.01
硫酸盐(以 SO_4 计)含量/%	≤	0.02	0.03	—
比表面积/(m^2/g)		10～20	10～20	10～20
筛余物(45μm 试验筛)/%	≤	25	25	25
堆积密度/(g/mL)	≤	1.5	1.5	1.5

表 4.2.57 软磁铁氧体用氧化锌的质量指标（HG/T 2834—2009）

项　目		指　标		
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
氧化锌(ZnO)(质量分数)/%	≥	99.75	99.65	99.50
金属锌(Zn)(质量分数)/%	≤	无	无	无
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.05
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	—	0.0001	0.0001
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0002	0.0002

续表

项目		指标		
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤		0.005	0.005	0.005
灼烧减量(质量分数)/% ≤		0.2	0.2	0.2
水溶物(质量分数)/% ≤		0.1	0.1	0.1
筛余物(45μm试验筛)(质量分数)/% ≤		0.05	0.05	0.05
105℃挥发物(质量分数)/% ≤		0.2	0.2	0.2
氯化物(以Cl计)(质量分数)/% ≤		0.005	0.005	0.005
镉(Cd)(质量分数)/% ≤		0.0010	0.0015	0.0030
镍(Ni)(质量分数)/% ≤		0.01	—	0.01
硅(以 SiO_2 计)(质量分数)/% ≤		0.01	0.01	0.01
硼(B)(质量分数)/% ≤		0.01	0.01	0.01
表观密度/(g/mL)	松密度	0.4～0.5	0.4～0.5	0.4～0.5
	紧密度	0.8～1.0	0.8～1.0	0.8～1.0

用途：主要用作电子行业制造偏转磁芯及其他锌镁铁氧体磁芯。

表 4.2.58　副产品氧化锌的质量指标（YS/T 73—1994）

品级	ZnO(质量分数)/%≥	品级	ZnO(质量分数)/%≥
1	95	6	70
2	90	7	65
3	85	8	60
4	80	9	55
5	75	10	45

注：如需方对杂质有特殊要求，由供需双方协商。

表 4.2.59　试剂用氧化锌的质量指标（HG/T 2890—1997）

项目	指标	
	分析纯	化学纯
含量(ZnO)(质量分数)/% ≥	59.0	—
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	3号	5号
稀硫酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
游离碱	合格	—
氯化物(Cl)(质量分数)% ≤	0.001	0.005
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.003	0.005
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0025
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.00005	0.0002
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.005	0.05
还原高锰酸钾物质(以O计)(质量分数)/% ≤	0.002	0.004
硫化铵不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.10	0.25
外观	白色或淡黄色晶状粉末	

表 4.2.60　工作基准试剂氧化锌的质量指标（GB 1260—2008）

项目	工作基准	项目	工作基准
含量(ZnO)(质量分数)/%	99.95～100.05	硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.003
澄清度试验(HG/T 3484) ≤	2号	镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.002
灼烧减量(质量分数)/% ≤	0.2	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.005
游离碱	合格	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.001	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.003
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.005	还原高锰酸钾物质(以O计)(质量分数)/% ≤	0.0016

表 4.2.61 氧化锂的质量指标

项目	指标	项目	指标
主含量(质量分数)/% ≥	95.0	Fe(质量分数)/% ≤	0.03
Na(质量分数)/% ≤	0.03	Ca(质量分数)/% ≤	0.03
Li_2CO_3(质量分数)/% ≤	2.5	Mg(质量分数)/% ≤	0.02

用途：用于制锂盐。

表 4.2.62 四氧化三钴的质量指标（YS/T 633—2007）

钴含量(质量分数)/%	杂质含量/% ≤											
	Ni	Cu	Fe	Na	Ca	Mg	Si	Mn	Pb	Al	S	C
72.5～73.6	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005	0.01	0.03
松装密度		激光粒度(D_{50})			氧化亚钴相(CoO)			微观形貌				
0.5～1.2 g/cm³		5～10μm			≤5%			球形或类球形				
外观		灰黑色粉末，干燥洁净，无夹杂物，同一批色泽一致										

用途：用作锂电子正极材料和制造电阻。也用于制造珐琅中钴的原料或其他用途的氧化剂。

表 4.2.63 一氧化镍的质量指标（GB 8633—1988）

项目	指标 一级品	指标 二级品	项目	指标 一级品	指标 二级品
镍(以 NiO 计)/% ≥	76.0	75.0	铁(Fe)/% ≤	0.15	0.20
钴(Co)/% ≤	0.30	0.50	锌(Zn)/% ≤	0.10	0.20
铜(Cu)/% ≤	0.10	0.20	硫(S)/% ≤	0.01	0.15
钙、镁、钠(Ca+Mg+Na)总和/% ≤	1.30	1.50	盐酸不溶物/% ≤	0.30	0.40

用途：用作陶瓷和玻璃的颜料。搪瓷工业用作瓷釉的密着剂和着色剂。陶瓷工业用作色料的原料。磁性材料生产中用作镍锌铁氧体的原料。玻璃工业用作茶色玻璃和显像管玻壳的着色剂。也是制造镍盐及镍催化剂的原料。

表 4.2.64 氧化亚镍的质量指标（YS/T 277—2009）

牌号	化学成分(质量分数)/%							
	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	Ca+Mg+Na	盐酸不溶物
	≥	≤						
NiO-770	77.0	0.05	0.01	0.05	0.005	0.01	0.50	0.10
NiO-765	76.5	0.15	0.05	0.10	0.05	0.03	1.00	0.20
NiO-760	76.0	0.20	0.10	0.15	0.10	0.05	1.30	0.30
NiO-750	75.0	0.50	0.20	0.20	0.20	0.15	1.50	0.40
粒度	通过 100 目(0.154mm)筛，筛上物≤0.02%							
外观	绿色或深绿色粉末，无其他外来杂物							

用途：在精瓷工业中用作瓷釉的密着剂和着色剂。陶瓷工业用作色料的原料。磁性材料生产中用作镍锌铁氧体的原料。玻璃工业中作茶色玻璃和显像管玻壳的着色剂。也是制造镍盐、镍催化剂和二次电池的材料。

表 4.2.65　电池用电解二氧化锰的质量指标（QB 2106—1995）

项　　目		普通型 A	普通型 B	普通型 C	碱锰型
MnO_2(以干计)(质量分数)/% ≥		91.0	91.0	900	91.0
H_2O(质量分数)/% ≤		3.0	3.0	3.0	2.0
Fe(质量分数)/% ≤		0.020	0.020	0.030	0.020
Cu(质量分数)/% ≤		0.0005	0.0010	0.0020	0.0010
Pb(质量分数)/% ≤		0.0010	0.005	0.010	0.0010
Ni(质量分数)/% ≤		0.0010	—	—	0.0005
Co(质量分数)/% ≤		0.0010	—	—	0.0010
SO_4(质量分数)/% ≤		—	—	—	1.30
NH_4(质量分数)/% ≤		—	—	—	0.005
pH 值		5～7	5～7	5～7	5～7
颗粒度	+100 目	0.5	1.0	2.0	0.50
	−200 目	90.0	90.0	90.0	85.0

注：颗粒度的质量要求也可由供需双方商定。

用途：是优良的电池的去极化剂。

表 4.2.66　电解二氧化锰的质量指标（GB 845—83）

项　　目	指标 一级品	指标 二级品	项　　目	指标 一级品	指标 二级品
二氧化锰(MnO_2)/% ≥	90	87	水分/% ≤	3	
重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.03	0.07	pH 值	5～7	
铁(Fe)/% ≤	0.15	0.20	细度(200 目)/% ≥	90	

用途：作为电池的主要原料，在精细化工生产过程中作氧化剂，作锰锌铁氧体软磁材料中的原料。经处理与成型后，是一种性能全面的优良净水滤料。

表 4.2.67　饲用氧化锌的质量指标（HG 2792—1996）

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
氧化锌(ZnO)含量(质量分数)/% ≥	95.0	砷(As)含量(质量分数)/% ≤	0.001
氧化锌(以 Zn 计)含量(质量分数)/% ≤	76.3	细度(通过 150μm 试验筛)(质量分数)/% ≤	95
铅(Pb)含量(质量分数)/% ≤	0.005	外观	白色或微黄色粉末
镉(Cd)含量(质量分数)/%	0.001		

用途：作饲料添加剂。

表 4.2.68　食用二氧化钛的质量指标（GB 25577—2010）

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
二氧化钛(TiO_2)(质量分数)/% ≥	16.6	水溶物(质量分数)/%	11～13
干燥减量(质量分数)/%		重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10
灼烧减量(以干基计)(质量分数)/% ≤	2.0	砷(As)/(mg/kg) ≤	3
盐酸不溶物(质量分数)/%		外观	白色粉末，无异味

用途：作为着色剂和食品增白剂使用，广泛应用于制药，食品和化妆品行业中。

表 4.2.69 颜料级二氧化钛的质量指标（GB 1706—88）

项目		指标				
		A型		R型		
		A1	A2	R1	R2	R3
TiO_2的质量分数/%	≥	98	92	97	90	80
105℃挥发物的质量分数/%	≤	0.5	0.8	0.5	商定	商定
水溶物的质量分数/%	≤	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7
筛余物的质量分数(45μm)/%	≤	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
颜色		与商定的参比样相近				
散射力		商定				
在(23±2)℃和相对湿度(50±5)%下预处理，24h后105℃挥发物(质量分数)/%	≤	0.5	0.8	0.5	1.5	2.5
水萃取液电阻率		—	商定	—	商定	商定
水悬浮液 pH 值		商定				
吸油量		商定				
外观		软质干燥粉末或在不加研磨下用调刀易于碾碎				

用途：在涂料工业中作为白色颜料和瓷器釉药。

表 4.2.70 非颜料级二氧化钛的质量指标（ZB/TG 13004—1990）

项目		指标			
		Ⅰ型		Ⅱ型	
		一级品	合格品	一级品	合格品
二氧化钛(TiO_2)/%	≥	98.5	98.5	98.5	98.5
硫(S)/%	≤	0.05	0.06	0.03	0.05
三氧化二铁(Fe_2O_3)/%	≤	0.035	0.035	—	—
磷(P)/%	≤	—	—	0.035	0.05
细度(45μm 试验筛筛余物)/%	≤	0.3	0.5	0.3	0.5
白度/%	≥	85	80	75	70

用途：应用于造纸、冶炼、电线、电焊条、搪瓷等方面。

表 4.2.71 纳米二氧化钛的质量指标（GB/T 19591—2004）

项目		指标	
		Nm-TiO_2(A)	Nm-TiO_2(R)
二氧化钛(TiO_2)①(质量分数)/%	≥	90	90
电镜平均粒径/nm	≤	100	100
XRD 线宽化法平均晶粒/nm	≤	100	100
比表面积/(m^2/g)	≥	90	35
团聚指数(质量分数)/%	≤	100	100
汞②(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0001
砷(As)②(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001
水分(质量分数)/%	≤	2	2
pH 值		6～8	6～8
白度/度	≥	90	90
堆密度/(g/cm^3)	≤	0.5	0.9

① 由于表面涂覆造成二氧化钛的质量分数低于90%可视为合格，但其中二氧化钛应为主体物质。

② 为化妆品和医药添加剂控制指标。

用途：广泛应用于室内空气净化、污水处理、涂料、化妆品、塑料、纺织品和陶瓷、玻璃等领域。

表 4.2.72　纯三氧化钼的质量指标（YS/T 639—2007）

牌号	化学成分(质量分数)/%								
	MoO_3 ≥	杂质含量 ≤							
		Al	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Ni	K
MoO_3-1	99.95	0.0015	0.0015	0.0010	0.0015	0.0020	0.0010	0.0010	0.0080
MoO_3-2	99.95	0.0050	0.0050	0.0030	0.0030	0.0050	0.0030	0.0020	0.0300
牌号	化学成分(质量分数)/% 杂质含量 ≤								
	Si	Na	P	Pb	Ti	S	Sn	W	As
MoO_3-1	0.0020	0.0020	0.0005	0.0005	0.0010	0.0050	0.0015	0.0150	0.0010
MoO_3-2	0.0050	0.0030	0.0010	0.0020	0.0030	0.0080	0.0050	0.0300	0.0015

用途：用作石油工业的催化剂，塑料阻燃剂、金属钼的冶炼材料，各种高纯钼化合物的基料。

表 4.2.73　高纯三氧化钼的质量指标（Q/JDC 015—2002）

牌号	MoO_3-1	MoO_3-2	牌号	MoO_3-1	MoO_3-2	牌号	MoO_3-1	MoO_3-2
Mo/% ≥	99.90	99.80	Mg/(mg/kg)	10	30	Pb/(mg/kg)	5	20
Al/(mg/kg)	15	50	Ni/(mg/kg)	10	20	Ti/(mg/kg)	10	30
Ca/(mg/kg)	15	50	K/(mg/kg)	60	300	S/(mg/kg)	50	80
Cr/(mg/kg)	10	30	Si/(mg/kg)	20	50	Sn/(mg/kg)	15	50
Cu/(mg/kg)	15	30	Na/(mg/kg)	20	30	W/(mg/kg)	100	200
Fe/(mg/kg)	15	50	P/(mg/kg)	5	10	As/(mg/kg)	10	—
外观			淡黄色或浅绿色粉末，松装密度为0.7～1.1g/cm^3，粒度均匀，全部能通过40目筛网					

注：三氧化钼含量不小于99.95%。

用途：MoO_3-1适用于还原钼粉，MoO_3-2用于裂变催化剂、加氢催化剂、颜料、陶瓷和玻璃的生产。

表 4.2.74　三氧化二镍的质量指标（HGB 3534—1962）

项　目	指标	项　目	指标
三氧化二镍(以Ni计)(质量分数)/% ≥	60	重金属(Cu)(质量分数)/% <	0.01
盐酸不溶物(质量分数)/% <	0.2	铁(Fe)(质量分数)/% <	0.003
氯化物(质量分数)/% <	0.01	钴(Co)(质量分数)/% <	0.2
硫酸盐(质量分数)/% <	0.06	碱金属或碱土金属(质量分数)/% <	0.3
硝酸盐(质量分数)/% <	0.05	外观	黑色有光泽块状物

用途：主要用作陶瓷、玻璃、搪瓷的颜料，并用于制镍粉。

表 4.2.75　氧化钴的质量指标（YS/T 256—2009）

牌　号		Y0	Y1	Y2	T0	T1	T2
		用于制造硬质合金，磁性材料			用于制造玻璃、搪、陶瓷颜、釉料		
Co ≥		70.0	70.0	70.0	74.0	72.0	70.0
杂质含量 ≤	Ni	0.05	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
	Fe	0.01	0.04	0.05	0.2	0.3	0.4
	Ca	0.008	0.01	0.018	—	—	—
	Mn	0.008	0.01	0.015	0.04	0.05	0.05
	Na	0.004	0.008	0.015	—	—	—
	Cu	0.008	0.01	0.05	0.04	0.1	0.2
	Mg	0.01	0.02	0.03	—	—	—
	Zn	0.005	0.005	0.01	0.01	0.05	0.10

续表

牌　　号		Y0	Y1	Y2	T0	T1	T2
		用于制造硬质合金，磁性材料			用于制造玻璃、搪、陶瓷颜、釉料		
杂质含量 ≤	Si	0.01	0.02	0.03	—	—	—
	Pb	0.002	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006
	Cd	—	—	—	0.003	0.005	0.006
	As	0.005	0.01	0.01	0.003	0.005	0.005
	S	0.01	0.01	0.05	—	—	—

注：Y类氧化钴松装密度应≤0.6g/cm³，粒度应小于250μm（通过60目标准筛网）；T类氧化钴粒度应小于150μm（通过100目标准筛网）。

用途：作压敏电阻、热敏电阻、氧化锌避雷器、显像管玻壳、锂离子电池等行业。也用于制涂料颜料、陶瓷釉料和钴催化剂等。

表 4.2.76　二氧化锆的质量指标（YS/T 402—94）　　单位：%（质量分数）

项　　目	指标		项　　目	指标	
	ZrO_2-01	ZrO_2-02		ZrO_2-01	ZrO_2-02
ZrO_2　≥	96	96	Ti　≤	0.05	0.01
$HfO_2/(HfO_2+ZrO_2)$　≤	0.010	0.015	Ni　≤	0.01	0.01
Fe　≤	0.75	0.75	Mn　≤	0.01	0.01
Al　≤	0.04	0.04	P　≤	0.5	0.5
Si　≤	0.08	0.08	Na　≤	0.5	0.5

用途：制取金属锆及其化合物，生产特种钢、有色金属和二氧化锆纤维原料。用于改善玻璃、搪瓷的性能和改变陶瓷颜料。

表 4.2.77　二氧化锆的质量指标（HG/T 2773—2004）

项　　目	指　　标						
	Ⅰ类		Ⅱ类	Ⅲ类			
				Ⅰ型		Ⅱ型	
	粉体	颗粒		优等品	一等品	一等品	合格品
锆铪含量(以 ZrO_2 计)(质量分数)/%　≥	99.5	99.5	99.5	99.5	99.0	98.0	97.0
氧化铁(Fe_2O_3)(质量分数)/%　≤	0.01	0.01	0.005	0.02	0.05	0.10	0.10
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%　≤	0.02	0.02	—	0.05	0.10	1.0	2.0
氧化铝(Al_2O_3)(质量分数)/%　≤	0.01	—	—	0.001	—	0.8	0.8
二氧化钛(TiO_2)(质量分数)/%　≤	0.01	0.01	0.005	0.10	—	0.22	0.25
氧化钙(CaO)(质量分数)/%　≤	—	—	—	0.03	0.05	—	—
氧化镁(MgO)(质量分数)/%　≤	—	—	—	0.02	—	—	—
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/%　≤	0.01	0.01	—	0.02	0.05	—	—
灼烧减量(质量分数)/%　≤	0.40	0.30	0.30	0.05	0.50	—	—
五氧化二磷(P_2O_5)(质量分数)/%　≤	—	—	—	0.15	0.20	—	—
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	0.10	—	—	—	—	—	—
水分(质量分数)/%　≤	0.10	—	0.30	—	—	—	—

注：粒径（D_{50}）、堆积密度、比表面积在用户有要求时按本标准方法测定，其指标应符合用户要求。

表 4.2.78　工业八水合二氯氧化锆的质量指标（HG/T 2772—2004）

项　　目	指标		项　　目	指标	
	ZOC-36	ZOC-35		ZOC-36	ZOC-35
锆铪含量[以 ZrO_2 计]（质量分数）/%　≥	36.0	35.0	氧化钾(K_2O)(质量分数)/%　≤	0.01	0.05
氧化铁(Fe_2O_3)(质量分数)/%　≤	0.002	0.003	二氧化钛(TiO_2)(质量分数)/%　≤	0.001	0.002
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%　≤	0.01	0.03	氧化钙(CaO)(质量分数)/%　≤	0.01	0.02
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/%　≤	0.005	0.01	硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%　≤	0.005	0.008
外观	白色或微黄针状结晶				

用途：用于制造二氧化锆及其他涂料干燥剂、橡胶添加剂等。此外，亦可以做耐火材料、陶瓷釉料和润滑剂。

表 4.2.79　氧化钇的质量指标（GB/T 3503—2006）

项　　目		牌　　号						
		171050	171045	171040	171030A	171030B	171030C	171020
REO(质量分数)/% ≥		99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	98.5
O_3Y_2/ REO ≥		99.999	99.995	99.99	99.9	99.9	99.9	99.0
Y_2O_2/REO (质量分数)/%≥	La_2O_3	0.0002	0.0005	0.0010	—	0.02	合量 0.1	合量 0.1
	CeO_2	0.0002	0.0005	0.0005	0.0005	—		
	Pr_6O_{11}	0.0001	0.0005	0.0010	0.0005	0.001		
	Nd_2O_3	0.0001	0.0005	0.0010	0.0005	0.001		
	Sm_2O_3	0.0001	0.0005	0.0010	0.003	0.001		
	Eu_2O_3	0.0001	0.0003	0.0010	—	—		
	Gd_2O_3	0.0001	0.0005	0.0010	—	0.01		
	Tb_4O_7	0.0001	0.0005	0.0010	—	0.001		
	Dy_2O_3	0.0001	0.0005	0.0010	—	—		
	Ho_2O_3	0.0001	0.0005	0.0010	—	—		
	ErO_3	0.00005	0.0005	0.0010	—	—		
	Tm_2O_3	0.00005	0.0003	0.0005	—	—		
	Yb_2O_3	0.00005	0.0005	0.0010	—	—		
	Lu_2O_3	0.00005	0.0005	0.0010	—	—		
非稀土杂质 (质量分数)/%≤	Fe_2O_3	0.0003	0.0005	0.0007	0.0005	0.001	0.002	0.005
	CaO	0.0007	0.0010	0.0010	—	—	0.002	0.005
	CuO	0.0005	0.0006	0.0006	0.0002	0.0005	0.001	—
	NiO	0.0005	0.0005	0.0010	0.0002	0.0005	0.001	—
	PbO	0.0005	0.0005	0.0010	0.0005	0.0005	0.001	—
	SiO_2	0.0020	0.003	0.0050	—	—	0.005	0.01
	Cl^-	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.3	0.05
灼减(质量分数)/% ≤		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5

注：171030A 为光学玻璃用；171030B 为人造宝石用；171030C 为普通型。

用途：主要用于制造微波用磁性材料和军工用重要材料，也用作光学玻璃、陶瓷材料添加剂、大屏幕电视用高亮度荧光粉和其他显像管涂料。还用于制造薄膜电容器和特种耐火材料，以及高压水银灯、激光、储存元件等的磁泡材料。

表 4.2.80　氧化钆的质量指标（GB/T 2526—2008）

项　　目		081050	081040	081035	081030
REO ≥		99	99	99	99
Gd_2O_3/REO ≥		99.999	99.99	99.95	99.9
稀土杂质/REO (质量分数)/%	La_2O_3	0.0001	合量 0.0040	合量 0.05 (Sm_2O_3+Eu_2O_3+Tb_4O_7)	合量 0.1 (Sm_2O_3+Eu_2O_3+Tb_4O_7)
	CeO_2	0.00005			
	Pr_8O_{11}	0.00005			
	Nd_2O_3	0.0001			
	Ho_2O_3	0.00005			
	Er_2O_3	0.00005			
	Tm_2O_3	0.00005			
	Yb_2O_3	0.00005			
	Lu_2O_3	0.00005			
	Sm_2O_3	0.00005	0.0010		
	Eu_2O_3	0.0001	0.0015		
	Tb_2O_7	0.0001	0.0015		
	Dy_2O_3	0.0001	0.0010		
	Y_2O_3	0.0001	0.0010		

续表

项目		081050	081040	081035	081030
非稀土杂质	Fe_2O_3	0.0002	0.0005	0.002	0.003
	SiO_2	0.003	0.005	0.005	0.006
	CaO	0.0005	0.003	0.005	0.005
	CuO	0.0002	0.0005	0.001	—
	PbO	0.0003	0.001	0.001	—
	NiO	0.0005	0.001	0.001	—
	Al_2O_3	0.001	0.01	0.03	0.04
	Cl^-	0.01	0.02	0.03	0.05
灼减/% ≤		1.0	1.0	1.0	1.0

用途：用作钇铝和钇铁石榴石掺入剂、医疗器械中的增感荧光材料、核反应堆控制材料、金属钆的制取原料、制磁泡材料和光学棱镜添加剂等。

表 4.2.81 超细水合二氧化钌粉的质量指标（YST 598—2006）

项目		指标	项目		指标
主成分 Ru		60～71	杂质含量（质量分数）/% ≤	Al①	0.01
杂质含量（质量分数）/% ≤	Pt①	0.005		Ni①	0.005
	Ir①	0.005		Cu①	0.001
	Rh①	0.001		Pb	0.001
	Pd①	0.001		Cd	0.0005
	Au①	0.005		其他	0.05
	Ag①	0.001	外观		黑色粉末
	Fe①	0.01			

① 通过原料控制；供需双方可根据需要协商决定必测元素、测定方法及限定含量。

用途：钌是极好的催化剂，用于氢化、异构化、氧化和重整反应中。纯金属钌用途很少。它是铂和钯的有效硬化剂。用它制造电接触合金以及硬磨硬质合金等。

表 4.2.82 氧化钐的质量指标（GB/T 2969—2008）

项目		牌号			
		051040	061030	061025	061020
REO（质量分数）/% ≥		99	99	99	99
Sm_2O_3/REO ≥		99.99	99.9	99.5	99
稀土杂质/REO（质量分数）/% ≤	$Pr_{12}O_{24}$	0.0025	合量 0.1	合量 0.5	合量 1.0
	Nd_2O_3	0.0035			
	Eu_2O_3	0.0010			
	Gd_3O_4	0.0010			
	Y_2O_3	0.0010			
	其他	合量 0.0010			
非稀土杂质（质量分数）/% ≤	Fe_2O_3	0.0005	0.001	0.001	0.005
	SiO_2	0.005	0.005	0.01	0.05
	CaO	0.005	0.01	0.05	0.05
	Al_2O_3	0.01	0.02	0.03	0.04
	Cl^-	0.01	0.01	0.02	0.03
酌减（质量分数）/% ≤		1.0	1.0	1.0	1.0

用途：用于电子和陶瓷工业。在固态元件和超导技术中将会有重要的应用。

表 4.2.83　氧化铈的质量指标（GB/T 4155—2003）

产品牌号	化学成分(质量分数)/%											灼减量(质量分数)/%≤
	REO ≥	CeO_2/REO ≥	杂质含量 ≤									
			稀土杂质/REO					非稀土杂质				
			La_2O_3	Pr_6O_{11}	Nd_2O_3	Sm_2O_3	Y_2O_3	Fe_2O_3	SiO_3	CaO	Cl	
021040A	99	99.99	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.05	0.05	0.01	1
021040B	99	99.99	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.05	0.05	0.05	1
021035	99	99.95	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.05	0.05	0.05	1
021030	99	99.95	合量 0.1					0.005	0.05	0.05	0.05	1
021020	98	99	合量 1					0.04	0.1	0.15	0.2	1
021018	98	98	合量 2					0.04	—	0.5	0.2	1
021015	98	95	合量 5					0.1	0.3	1	—	1
外观	为粉末状。产品纯度越高颜色越淡，由浅红色或浅黄褐色到淡黄色、奶白色											

注：CeO_2/REO=[1−(La_2O_3＋ Pr_6O_{11}＋ Nd_2O_3＋ Sm_2O_3＋ Y_2O_3)/ REO] ×100%。

用途：主要用作玻璃脱色剂和抛光粉，也用于制备金属铈。高纯氧化铈可生产稀土发光材料。

表 4.2.84　氧化钕的质量指标（GB/T 5240—2006）

项目		牌号			
		041040	041035	041030	04120
REO(质量分数)/% ≥		99.0	99.0	99.0	99.0
Nd_2O_3/REO(质量分数)/% ≥		99.99	99.95	99.9	99.0
稀土杂质/REO(质量分数)/%≤	La_2O_3	0.001	0.005	0.01	合量 1.0
	CeO_2	0.003	0.01	0.01	
	Pr_6O_{11}	0.003	0.02	0.05	
	Sm_2O_3	0.001	0.01	0.01	
	Y_2O_2	0.002	0.005	0.01	
非稀土杂质(质量分数)/%≤	Fe_2O_3	0.0005	0.001	0.005	0.01
	SiO_2	0.005	0.01	0.01	0.05
	CaO	0.01	0.03	0.03	0.05
	Al_2O_3	0.03	0.05	0.10	0.10
	Cl^-	0.03	0.03	0.03	0.05
	SO_4^{2-}	0.01	0.01	0.01	0.01
灼减(质量分数)/% ≤		1.0	1.0	1.0	1.0
外观		淡紫色粉末			

用途：主要用作玻璃、陶瓷的着色剂，制造金属钕的原料和强磁性钕铁硼的原料，用于制精密仪器。是制金属钕及各种钕合金、永磁合金的原料。

表 4.2.85　氧化铽的质量指标（GB/T 12144—2009）

牌号	91050	91045	91040	91035	91030	91025
REO(质量分数)/% ≥	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Tb_4O_7/REO(质量分数)/% ≥	99.999	99.995	99.99	99.95	99.9	99.5

续表

牌号		91050	91045	91040	91035	91030	91025
稀土杂质/REO（质量分数）/%≤	La_2O_3	0.00005	其余合量 0.001	其余合量 0.002	0.05 （Eu_2O_3＋Gd_2O_3＋Dy_2O_3＋Ho_2O_3＋Y_2O_3）合量	0.1 （Eu_2O＋Gd_2O_3＋Dy_2O_3＋Ho_2O_3＋Y_2O_3）合量	0.5 （Eu_2O_3＋Gd_2O_3＋Dy_2O_3＋Ho_2O_3＋Y_2O_3）合量
	CeO_2	0.00005					
	Pr_6O_{11}	0.00005					
	Nd_2O_3	0.00005					
	Sm_2O_3	0.00005					
	ErO_3	0.00005					
	Tm_2O_3	0.00005					
	Yb_2O_3	0.00005					
	Lu_2O_3	0.00005					
	Eu_2O_3	0.00005	0.001	0.002			
	Gd_2O_3	0.0001	0.001	0.002			
	Dy_2O_3	0.0002	0.001	0.002			
	Ho_2O_3	0.00005	0.0005	0.001			
	Y_2O_3	0.00005	0.0005	0.001			
非稀土杂质（质量分数）/%≤	Fe_2O_3	0.0003	0.0003	0.0005	0.002	0.003	0.005
	CaO	0.001	0.001	0.002	0.005	0.005	0.01
	SiO_2	0.003	0.003	0.003	0.01	0.01	0.02
	Cl^-	0.01	0.01	0.02	0.04	—	—
灼减 ≤		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
外观		棕褐色粉末，洁净，无肉眼可见的夹杂物					

用途：用作钇铁、钇铝石榴石的添加剂和生产金属铽的原料，还可用作荧光粉的活化剂，作X射线增感纸用荧光体。

表 4.2.86　氧化铕的质量指标（GB/T 3504—2006）

项目			牌号	
		0701050	071040	071035
REO(质量分数)/% ≥		99.0	99.0	99.0
Eu_2O_3/REO (质量分数)/% ≥		99.999	99.99	99.95
稀土杂质/REO（质量分数）/%≤	La_2O_3	0.00005	0.0003	0.0005
	CeO_2	0.0001	0.0005	0.0005
	Pr_6O_{11}	0.0001	0.001	0.001
	Nd_2O_3	0.0002	0.002	0.003
	Sm_2O_3	0.0002	0.003	0.003
	Gd_2O_3	0.0001	0.003	0.003
	Tb_4O_7	0.0001	0.002	0.003
	Dy_2O_3	0.00005	0.001	0.003
	Ho_2O_3	0.00005	0.0003	0.0005
	Er_2O_3	0.00005	0.0003	0.0005
	Tm_2O_3	0.00005	0.0002	0.0005
	Yb_2O_3	0.00005	0.0002	0.0005
	Lu_2O_3	0.00005	0.0002	0.0005
	Y_2O_3	0.00005	0.0002	0.0005
非稀土杂质（质量分数）/%≤	Fe_2O_3	0.0005	0.0007	0.001
	CaO	0.0008	0.001	0.002
	CuO	0.0001	0.0006	0.0006
	NiO	0.0001	0.0005	0.001
	PbO	0.0003	0.001	0.001
	SiO_2	0.0010	0.002	0.002
	ZnO	0.0005	0.001	0.001
	Cl^-	0.005	0.01	0.02
灼减(质量分数)/% ≤		1.0	1.0	1.0

用途：用作彩色电视机红色荧光粉激活剂，高压汞灯用荧光粉。

表 4.2.87 高纯二氧化锗的质量指标（GB/T 11069—2006）

牌号	化学成分(质量分数)/%							
	GeO_2纯度	杂质含量 ≤						
	≥	As	Fe	Cu	Ni	Pb	Ca	Mg
GeO_2-06	99.9999	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}	1.5×10^{-5}	1.0×10^{-5}
GeO_2-05	99.999	5.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	—	—

牌号	化学成分(质量分数)/%						
	GeO_2纯度	杂质含量 ≤					
	≥	Si	Co	In	Zn	Al	总含量
GeO_2-06	99.9999	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-6}	1.0×10^{-5}	1.5×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}
GeO_2-05	99.999	—	2.0×10^{-5}	—	—	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-3}

注：1. 牌号中“0”后加阿拉伯数字表示产品纯度百分含量中“9”的个数。

2. 二氧化锗的含量用100%减去表中金属杂质实测总和及挥发的余量。

3. 粒度，95%以上产品能通过74μm标准筛。

4. 含氯量 ≤0.05%。

5. 电学性能，将GeO_2-06牌号二氧化锗还原、熔融、走向结晶成还原锗锭，还原锗锭的电阻率大于15Ω·cm的部分应占全锭长的80%以上。

用途：用于制金属锗，也用作光谱分析及半导体材料。

表 4.2.88 五氧化二钽的质量指标（GB/T 10577—89）

项目		指标			项目		指标		
		FTa_2O_5-045	FTa_2O_5-04	FTa_2O_5-035			FTa_2O_5-045	FTa_2O_5-04	FTa_2O_5-035
Nb(Nb)/%	≤	0.0015	0.003	0.008	锰(Mn)/%	≤	0.0001	0.0003	0.0005
铝(Al)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001	钼(Mo)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001
硼(B)/%	≤	0.0001	—	—	镍(Ni)/%	≤	0.0001	0.0003	0.001
铋(Bi)/%	≤	0.0001	—	—	铅(Pb)/%	≤	0.0003	—	—
铬(Cr)/%	≤	0.0001	0.0003	0.001	硅(Si)/%	≤	0.0007	0.0013	0.005
铜(Cu)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001	锡(Sn)/%	≤	0.0001	0.0003	0.0005
氟(F)/%	≤	0.003	0.007	0.15	钛(Ti)/%	≤	0.0001	0.0003	0.0005
铁(Fe)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001	钨(W)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001
外观		白色粉末,无肉眼可见夹杂物							

用途：用于拉钽酸锂单晶和制造高折、射低色散特种光学玻璃，化工中可作催化剂，是制作LT、LN等晶体的原料，LT、LN是重要的压电、热电和非线性光学材料，在激光和微声表面波等技术领域中有重要用途。

表 4.2.89 高纯五氧化二钽的质量指标（YS/T 547—2007）

单位：%（质量分数）

牌号	化学成分												
	Ta_2O_5	杂质含量 ≤											
	≥	Nb	Al	As	B	Bi	Ca	Co	Cr	Cu	F	Fe	K
FTa_2O_5-045	99.995	0.0003	0.0002	0.00005	0.0001	0.0001	0.0003	0.00005	0.0001	0.0001	0.0020	0.0002	0.0003
FTa_2O_5-04	99.99	0.0010	0.0004	0.0001	0.0001	0.0002	0.0005	0.0001	0.0003	0.0003	0.0070	0.0005	0.0005
FTa_2O_5-035	99.95	0.0030	0.0005	0.0010	—	0.0005	—	—	0.0005	0.0005	0.010	0.0010	—

续表

牌号	化学成分												
	杂质含量 ≤												
	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sb	Si	Sn	Ti	V	W	Zr
FTa_2O_5-045	0.0002	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001	0.0003	0.0005	0.0005	0.0001	0.0001	0.00005	0.0002	0.0001
FTa_2O_5-04	0.0003	0.0002	0.0002	0.0010	0.0003	0.0003	0.0010	0.0013	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001
FTa_2O_5-035	—	0.0005	0.0008	—	0.0010	0.0010	—	0.0030	0.0005	0.0005	—	0.0005	—
外观	白色粉末,无目视可见夹杂物												

注：每批产品应提供在850℃下燃烧1h的被测灼减值。

用途：用于光学玻璃、单晶生产。

表 4.2.90 五氧化二铌的质量指标（YS/T 428—2009）

项目	指标			项目	指标		
	FNb_2O_5-1	FNb_2O_5-2	FNb_2O_5-3		FNb_2O_5-1	FNb_2O_5-2	FNb_2O_5-3
Ta/% ≤	0.05	0.1	0.3	Sb/% ≤	0.005	0.01	0.02
Ti/% ≤	0.001	0.004	0.01	Pb/% ≤	0.001	0.001	0.005
W/% ≤	0.003	0.01	0.03	P/% ≤	0.010	0.015	0.020
Mo/% ≤	0.002	0.005	0.005	F^-/% ≤	0.10	0.15	0.25
Cr/% ≤	0.002	0.005	0.005	Zr/% ≤	0.002	0.002	0.002
Mn/% ≤	0.002	0.005	0.005	Sn/% ≤	0.001	0.001	0.001
Fe/% ≤	0.005	0.02	0.04	Bi/% ≤	0.0003	0.0005	0.0010
Ni/% ≤	0.005	0.02	0.04	Ca/% ≤	0.003	0.005	0.010
Cu/% ≤	0.003	0.005	0.005	Mg/% ≤	0.002	0.005	0.005
Al/% ≤	0.003	0.005	0.05	灼减/%	0.5	0.5	0.5
Si/% ≤	0.005	0.02	0.04	粒度/目	−60	−60	−60
As/% ≤	0.002	0.003	0.005				

用途：用作生产金属铌及其化合物的原料，也用于光学玻璃及电子工业；用作拉铌酸镍单晶，制特种光学玻璃、高频和低频电容器及压电陶瓷元件。也用于生产铌铁和特殊钢需要的各种铌合金。还用作催化剂、耐火材料。

表 4.2.91 高纯五氧化二铌的质量指标（YS/T 548—2007）

单位：%（质量分数）

项目		牌号			项目		牌号		
		FTa_2O_5-045	FTa_2O_5-04	FTa_2O_5-035			FTa_2O_5-045	FTa_2O_5-04	FTa_2O_5-035
主成分≥	Ta_2O_5	99.995	99.99	99.95	杂质元素	Mg	0.0002	0.0003	—
杂质元素	Nb	0.0003	0.0010	0.0030		Mn	0.0001	0.0002	0.0005
	Al	0.0002	0.0004	0.0005		Mo	0.0001	0.0002	0.0003
	As	0.00005	0.0001	0.0010		Na	0.0005	0.0010	—
	B	0.0001	0.0001	—		Ni	0.0001	0.0003	0.0010
	Bi	0.0001	0.0002	0.0005		Pb	0.0003	0.0003	0.0010
	Ca	0.0003	0.0005	—		Sb	0.0005	0.0010	—
	Co	0.00005	0.0001	—		Si	0.0008	0.0013	0.0030
	Cr	0.0001	0.0003	0.0005		Sn	0.0001	0.0001	0.0005
	Cu	0.0001	0.0003	0.0005		Ti	0.0001	0.0001	0.0005
	F	0.0020	0.0070	0.010		V	0.00005	0.0001	—
	Fe	0.0002	0.0005	0.0010		W	0.0002	0.0003	0.0005
	K	0.0003	0.0005	—		Zr	0.0001	0.0001	—

注：每批产品应提供在850℃下灼烧1h的实测灼减值。

用途：主要用于化工合成，光学玻璃添加剂和铌酸盐晶体的生产。

表 4.2.92　氧化镨的质量指标（GB/T 5239—2006）

项目		牌号 031030	031025	031020	031016
REO(质量分数)/% ≥		99.0	99.0	99.0	99.0
Pr_6O_{11}/REO ≥		99.9	99.5	99.0	96.0
稀土杂质/REO (质量分数)/%≤	La_2O_3	0.005	合量 0.5	合量 1.0	合量 1.0
	CeO_2	0.030			
	Nd_2O_3	0.050			
	Sm_2O_3	0.010			
	Y_2O_2	0.005			
非稀土杂质 (质量分数)/%≤	FeO_3	0.005	0.010	0.010	0.010
	SiO_2	0.010	0.010	0.010	—
	CaO	0.010	0.050	0.050	—
	Cl^-	0.03	0.03	0.05	—
灼减(质量分数)/% ≤		1.0	1.0	1.0	1.0
外观		黑色或褐色粉末，产品必须洁净，无肉眼可见的夹杂物			

用途：用于玻璃、陶瓷、金属镨、磁性材料，制取金属镨。

表 4.2.93　氧化镝的质量指标（GB/T 13558—2008）

牌号	化学成分(质量分数)/% REO ≥	Dy_2O_3/REO ≥	杂质含量≤ 稀土杂质(REO) Gd_2O_3	Tb_4O_7	Ho_2O_3	ErO_3	Y_2O_2	其他	非稀土杂质 Fe_2O_3	SiO_2	CaO	Al_2O_3	Cl^-	灼减 ≤
101040	99	99.99	0.001	0.003	0.002	0.001	0.002	0.001	0.0005	0.005	0.005	0.01	0.01	1.0
101035	99	99.95	合量 0.05						0.001	0.005	0.005	0.02	0.02	1.0
101030	99	99.9	合量 0.10						0.002	0.01	0.01	0.03	0.02	1.0
101025	99	99.5	合量 0.5						0.003	0.01	0.02	0.04	0.04	1.0
101020	99	99.0	合量 1.0						0.005	0.02	0.03	0.05	0.05	1.0
外观	白色或淡黄色粉末，颜色随纯度不同略有变化。产品洁净，无可见的夹杂物													

用途：原子能工业用作核反应堆的控制棒。磁性材料。合成用。照明光源。用于制取金属镝的原料、玻璃、钕铁硼永磁体的添加剂，还用于金属卤素灯、磁光记忆材料、钇铁或钇铝石榴石。

表 4.2.94　氧化铒的质量指标（GB/T 15678—2010）

项目			牌号 121040	121035	121030	121025	121020
REO(质量分数)/% ≥			99	99	99	99	99
Er_2O_3/REO(质量分数)/% ≥			99.99	99.95	99.9	99.5	99
杂质含量(质量分数)/% ≤	稀土杂质/REO	Dy_2O_3	0.0005	合量 0.05	合量 0.10	合量 0.5	合量 1.0
		Ho_2O_3	0.0015				
		Tm_2O_3	0.002				
		Yb_2O_3	0.002				
		Lu_2O_3	0.001				
		Y_2O_3	0.002				
		其他合量	0.001				

续表

项目			牌号				
			121040	121035	121030	121025	121020
杂质含量（质量分数）/% ≤	非稀土杂质	Fe_2O_3	0.0005	0.001	0.001	0.002	0.005
		SiO_2	0.003	0.005	0.005	0.01	0.02
		CaO	0.001	0.005	0.01	0.02	0.02
		CuO	0.001	0.001	—	—	—
		PbO	0.001	0.001	—	—	—
		NiO	0.001	0.001	—	—	—
		Cl^-	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05
灼减（质量分数）/% ≤			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
外观			淡红色（颜色随纯度不同略有变化）粉末，表面洁净，无肉眼可见杂物				

用途：主要用作钇铁石榴石掺入剂和核反应堆的控制材料。也可用于制造特种发光玻璃和吸收红外线的玻璃。还用作玻璃着色剂。

表 4.2.95 氧化镧的质量指标（GB/T 4154—2006） 单位：%（质量分数）

项目			牌号					
			011050	011045	011040	011030	011025	011020
REO ≥			99.0	99.0	99.0	98.0	97.0	95.0
La_2O_3/REO ≥			99.999	99.995	99.99	99.9	99.5	99.0
稀土杂质/REO ≤		CeO_2	0.0002	0.0005	0.0015	合量 1.0	合量 1.0	合量 1.0
		Pr_6O_{11}	0.0002	0.0005	0.0015			
		Nd_2O_3	0.0002	0.0005	0.0010			
		Sm_2O_3	0.0002	0.0005	0.0010			
		Y_2O_3	0.0003	0.0010	0.0010			
非稀土杂质≤		Fe_2O_3	0.0002	0.0003	0.0005	0.001	0.005	0.010
		Si O_2	0.0030	0.0050	0.0050	0.0l0	0.050	0.050
		CaO	0.0010	0.0050	0.0050	0.010	0.050	0.10
		CuO	0.0002	0.0002	0.0005	—	—	—
		NiO	0.0002	0.0002	0.0005	—	—	—Ho
		PbO	0.0010	0.0020	0.0050	—	—	—
		Cl^-	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05
灼减量 ≤			1.0	1.0	1.0	2.0	l.0	5.0

用途：主要用于制造精密光学玻璃、光导纤维和耐火材料。也用于电子工业作陶瓷电容器及压电陶瓷掺入剂。还用作制硼化镧的原料，石油分离精制催化剂。用作分析试剂。

表 4.2.96 氧化钪的质量指标（GB/T 13219—2010） 单位：%（质量分数）

项目		牌号				
		161055	161050	161040	161035	161030
REO ≥		99	99	99	99	99
Sc_2O_3/REO ≥		99.9995	99.999	99.99	99.95	99.9
稀土杂质（质量分数）/%≤	$(La+Ce+Pr+Nd+Sm+Eu+Gd+Tb+Dy+Ho+Er+Tm+Yb+Lu+Y)_xO_y$/REO	0.0005	0.001	0.01	0.05	0.15
非稀土杂质（质量分数）/%≤	SiO_2	0.0010	0.0015	0.0020	0.010	0.020
	Fe_2O_3	0.00050	0.0005	0.0010	0.0050	0.020
	CaO	0.0010	0.0015	0.003	0.015	0.030
	ZrO_2	0.00050	0.0015	0.0030	0.030	0.10
	Al_2O_3	0.00050	0.00050	0.00l0	0.0030	0.050

续表

项　目		牌　号				
		161055	161050	161040	161035	161030
非稀土杂质（质量分数）/%≤	TiO_2	0.0010	0.0030	0.0050	0.010	0.050
	CuO	0.00050	0.0020	0.0050	0.020	—
	V_2O_5	0.00050	0.00050	0.00050	0.0020	—
	MgO	0.00050	0.00050	0.00050	—	—
	Na_2O	0.00050	0.00050	0.0010	—	—
	NiO	0.00050	0.00050	0.00050	—	—
灼减量（质量分数）/%	≤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
外观		白色粉末，无目视可见夹杂物				

用途：主要用作高性能卤素灯，航空材料，氧化锆的稳定剂，氮化硅致密助剂，铁电陶瓷，电子及电磁学材料，能源和放射化学，催化剂等。

表 4.2.97　高纯氧化铟的质量指标（GB/T 23363—2009）

等级	化学成分（质量分数）/%							
	In_2O_3 ≥	In ≥	Cl ≤	灼减量 ≤	杂质元素 ≤			
					Al	As	Cd	Cu
4N	99.99	81.5	0.5	0.5	0.0010	0.0005	0.0010	0.0008
5N	99.999	81.5	0.5	0.5	0.00015	0.00005	0.00005	0.00005

等级	化学成分（质量分数）/%						
	杂质元素≤						
	Fe	Pb	Sb	Sn	Tl	Zn	杂质总和
4N	0.0010	0.0015	0.0005	0.0012	0.0010	0.0015	0.01
5N	0.0001	0.0001	0.00005	0.00015	0.00015	0.00015	0.001

注：氧化铟（In_2O_3）的质量分数为100%减去本表所列杂质的实测质量分数总和之差。

用途：电子、电池等行业。

表 4.2.98　镧铈铽氧化物的质量指标（GB/T 23591—2009）

项　目		牌　号			
		011160	011158	011154	011141
REO（质量分数）/%	≥	99.0	99.0	99.0	99.0
LA_2O_2/REO		60±1	58±2	54±1	41±1
CEO_2/REO		24±1	27±1	31±1	44±1
TB_4O_5/REO		16.0±0.5	16.0±0.5	16.0±0.5	16.0±0.5
$\frac{稀土杂质}{REO}$≤	PR6O12	0.003	0.003	0.003	0.003
	GD2O2	0.003	0.003	0.003	0.003
	DY202	0.002	0.002	0.002	0.002
	Y202	0.001	0.001	0.001	0.001
非稀土杂质（质量分数）/%≤	Fe_2O_3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	SiO_2	0.005	0.005	0.005	0.005
	CaO	0.003	0.003	0.003	0.003
	CuO	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	PbO	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	NiO	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	Cl^-	0.02	0.02	0.02	0.02
灼减（质量分数）/%	≤	1.0	1.0	1.0	1.0

用途：主要用于制造灯用稀土荧光粉。

表 4.2.99　钇铕钆氧化物的质量指标（GB/T 23593—2009）

项目		牌号		项目		牌号	
		171261	171257			171261	171257
REO(质量分数)/%　≥		99.0	99.0	稀土杂质/REO(质量分数)/%	Er_2O_3	0.0002	0.0002
Y_2O_3/REO(质量分数)/%		61±2	57±2		Tm_2O_3	0.0002	0.0002
EuO_2/REO(质量分数)/%		5±1	8±1		Yb_2O_3	0.0002	0.0002
CdO_2/REO(质量分数)/%		33±2	35±2		Lu_2O_3	0.0002	0.0002
稀土杂质/REO(质量分数)/%≤	L_2O_3	0.0002	0.0002	非稀土杂质(质量分数)/%≤	Fe_2O_3	0.0003	0.0003
	CeO_2	0.0002	0.0002		SiO_2	0.003	0.003
	Pr_6O_{12}	0.0002	0.0002		CaO	0.001	0.001
	Nd_2O_3	0.0002	0.0002		CuO	0.0005	0.0005
	SM_2O_3	0.0002	0.0002		PbO	0.0005	0.0005
	Tb_2O_3	0.0002	0.0002		NiO	0.0005	0.0005
	Dy_2O_3	0.0002	0.0002		Cl^-	0.01	0.01
	Ho_2O_3	0.0002	0.0002	灼减(质量分数)/%　≤		1.0	1.0

用途：制作荧光材料等用。

表 4.2.100　荧光级氧化钇铕的质量指标（GB/T 16482—2009）

项目		1711140A	1711140B	1711140C
REO(质量分数)/%　≥		99.0	99.0	99.0
(Y_2O_3+Eu_2O_3)/REO(质量分数)/%　≥		99.99	99.99	99.99
Eu_2O_3/REO(质量分数)/%		4～10	4～10	4～10
稀土杂质/REO(质量分数)/%≤	La_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	CeO_2	0.0002	0.0002	0.0002
	Pr_6O_{11}	0.0002	0.0002	0.0002
	Nd_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	Sm_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	Gd_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	Td_4O_7	0.0002	0.0002	0.0002
	Dy_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	Ho_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	Er_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	Tm_2O_3	0.0001	0.0001	0.0001
	Yb_2O_3	0.0001	0.0001	0.0001
	Lu_2O_3	0.0001	0.0001	0.0001
非稀土杂质(质量分数)/%≤	Fe_2O_3	0.0002	0.0002	0.0002
	SiO_2	0.0040	0.0030	0.0030
	CaO	0.0020	0.0010	0.0010
	CuO	0.0002	0.0002	0.0002
	PbO	0.0002	0.0002	0.0002
	NiO	0.0002	0.0002	0.0002
	Cl^-	0.01	0.01	0.01
灼减(质量分数)/%　≤		1.0	1.0	1.0

注：REO 为稀土元素氧化物。

用途：用于灯用稀土荧光粉、彩色电视荧光粉、计算机显示器荧光粉。

表 4.2.101　工业氧化铍的质量指标（YS/T 572—2007）

BeO_2(质量分数)/%≥	杂质含量(质量分数)/%≤					
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	P
95	0.5	1.0	0.5	0.2	0.5	0.2
灼失	≤2%					
外观	为白色或浅黄色粉末，目视无可见杂物					

注：杂质的含量为实测值，BeO 的含量为 100%减去表中杂质实测值及灼失总和的余量。

用途：用作分析试剂、电子工业固体集成线路中的衬里材料及单晶炉的耐火材料。

第 5 章　非金属单质及其氧化物

目　　录

5.1 非金属单质

表 5.1.1 (a) 非金属单质的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每 100g 溶剂中的溶解度(g)或溶解情况: 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
As(α)	砷	74.92	灰	晶		5727^{14}	$814^{3.6k}$	↑615	−		+N′,N*	−	−	+王水,含水氯
As(β)	砷	74.92	黑	非		4700			−		+N′,N*	+热	−	+王水,含水氯
As(γ)	砷	74.92	黄	立		2000	358//						−	$+CS_2$
B	硼	10.81	暗灰	单	粉易燃	2340	2300	3680	−		+N,S	−	−	−乙醚
Br_2	溴	159.81	红褐	液	强腐蚀	3120	−7.3	58.8	4.2	3.1^{80}	$++CS_2$	+	++	++乙醚,氯仿
$Br_2\cdot 8H_2O$	溴·8水	303.93	红	八		1490	// 3.8		3.86^{4}					
$Br_2\cdot 10H_2O$	溴·10水	339.99	红	八			// 6.8		+					
C	碳	12.01	黑	无		1800～2000	>3550	4827	−		−	−		
C	石墨	12.01	灰	六		2260^{20}	↑3600	4200	−		−	−		
C	金刚石	12.01	亮	立	2.420	3510	>3500	4200	−		−	−		
$Cl_2\cdot 8H_2O$	氯·8水	215.04		正		1230	// 9.6		+			+		
I_2	碘	253.81	紫黑	鳞	毒 3.340	4940^{20}	113.6	184.4	表 5.1.23		÷S		20^{15}	①
P_4	黑磷	123.90	黑	斜		2690	↑453	燃点 400	−	−	−S′			$-CS_2$
P_4	红磷	123.90	棕红	无粉	无臭 无毒	2200^{20}	$590^{4.3k}$	燃点 240	−	−		+	+纯	$-CS_2$,乙醚,液氨
P_4	紫磷	123.90	紫	单		2360	593		−		−			−有机溶剂
P_4	黄磷	123.90	淡黄	立	2.117	1830^{20}	44.1	280	0.0003^{15}	÷			0.31^{18}	②
S	硫(α)	32.07	浅黄	斜	1.940	2070	112.8	444.6	−					③
S	硫(β)	32.07	浅黄	单	2.017	1960	119.2	444.6	−				+	$+CS_2$,苯
S	硫(γ)	32.07	浅黄	无	2.216	1920	112.8	444.6	−					$-CS_2$
Se_8	硒	631.68	灰	三	毒	4810^{20}	217	688	−		−Cl,S	÷		$+Na_2SO_3$;×王水
Se_8	硒	631.68	红	单	2.92	4460	175	688	−		−Cl,S;×N,S′	÷		④

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Se_8	硒	631.68	红	无		4820		688	—		+S			$-CS_2$
Se_8	硒	631.68	棕黑	玻		4280		688	—					
Se_8	硒	631.68	钢灰			4810	217	688	—		+S′	$\div\div CS_2$	—	+三氯甲烷
Si	硅	28.09	暗灰	立	3.736	2330	1420	3280	—		+(N+HF)	−HF	+Ag	÷Pb,Zn
Si	硅	28.09	墨			2000～2500		2600	—		+(N+HF)	+熔融		−HF
Si	硅	28.09	无			2000		2600	—			+		+HF
Te	碲	127.60	银灰	六		(α)6240,(β)6000	452	1390	—		+S,N	+	$-CS_2$	+KCN,王水

① 溶于CS_2、CCl_4、KI、乙醚、甘油、氯仿、溴化物，易溶于有机溶剂。

② 溶于CS_2、CCl_4、乙醚、苯、丙酮、液氨。

③ 溶于CS_2、CCl_4、苯、甲苯、丙酮、吡啶、氯仿。

④ 溶于CS_2、Na_2SO_3、CH_2I_2；与王水起反应。

表 5.1.1 (b) 非金属单质的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
砷	7440-38-2	61006	0.13(372℃)	不	※	※	—	※	P,R,T,G	6.1	R23/25;R50/53	S20/21;S28;S45;S60;S61
硅	7440-21-3	41510	0.13(1724℃)	可	—	—	乙	—	G,T,JS,JR	4.1	R11	S16;S33;S7/9
硒粉	7782-49-2	61502	0.13(356℃)	可	—	—	—	—	W,G,T	6.1	R23/25;R33;R53	S20/21;S28A;S45;S61
硫	7704-34-9	41501	0.13(183.8℃)	易	207	232	乙	2.3/—	W,P,R	4.1	R11	S16;S26
硼	7440-42-8			可	—	—	丙	—	G,T			S24/25
白磷;黄磷	7723-14-0	42001	0.13(76.6℃)	易	—	30	甲	—	W	4.2	R11;R16;R52/53	S43C;S61;S7
红磷	7723-14-0	41001	4357(590℃)	易	—	260	甲	—	G,T	4.1	R11;R16;R52/53	S43C;S61;S7

5.1.1 密　　度

表 5.1.2 碘的密度

项　目	固　　态		液　　态		气　　态
温度/℃	20	60	120	180	185
ρ/(g/cm³)	4.940	4.886	3.960	3.736	6.75mg/L

表 5.1.3 碘蒸气在空气中饱和时的浓度

温度/℃	0	10	20	30	40	50
浓度/(mg/L)	0.44	1.16	2.80	6.35	13.40	27.20

表 5.1.4 硫蒸气的密度　　单位：kg/m³

压强/kPa	温　　度/℃					
	500	600	700	800	900	1000
100	3.236	1.920	0.878	0.727	0.665	0.614
400		9.709	5.269	3.051	2.142	1.695
700			10.33	6.161	3.848	3.204
1000			35.97	9.833	6.460	5.721

表 5.1.5 硫在饱和线上的密度和比容

项　目	温　　度/℃									
	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
ρ/(kg/m³)	1805.1	1795.3	1786.6	1778.6	1772.4	1770.6	1766.2	1761.9	1757.4	1750.9
υ'/(m³/kg)	0.5556	0.5587	0.5610	0.5628	0.5644	0.5657	0.5672	0.5688	0.5706	0.5727
υ''/(m³/kg)	3252.6	2058.8	1223.5	670.15	330.88	163.78	87.605	61.655	57.497	50.983
项　目	温　　度/℃									
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	320
ρ/(kg/m³)	1745.0	1738.8	1732.6	1726.3	1720.2	1714.4	1708.7	1702.8	1696.9	1684.4
υ'/(m³/kg)	0.5749	0.5771	0.5793	0.5813	0.5832	0.5850	0.5868	0.5887	0.5908	0.5951
υ''/(m³/kg)	42.554	30.808	17.480	9.0901	3.9758	2.7584	5.057	2.9769	1.5019	1.4345
项　目	温　　度/℃									
	320	340	360	380	400	420	444.6	550	550	600
ρ/(kg/m³)	1684.4	1670.8	1656.3	1642.7	1629.7	1617.9	1606.2			
υ'/(m³/kg)	0.5951	0.5999	0.6048	0.6097	0.6143	0.6186	0.6240	0.6430	0.6712	0.7117
υ''/(m³/kg)	1.4345	1.3670	1.0052	0.7241	0.5056	0.3497	0.2747	0.1498	0.0705	0.0624

表 5.1.6 磷蒸气的密度

温度/℃	压力/kPa	蒸气密度(对照 H_2)	温度/℃	压力/kPa	蒸气密度(对照 H_2)
500			1000	92.1	55.5
600		61.5		66.4	55.2
700				37.7	53.4
800	72.0	60.5		15.9	50.0
	51.5	60.8	1100	107.2	51.1
	28.7	60.0		78.1	50.3
	11.3	59.0		45.2	47.7
900	80.8	58.7		19.3	43.6
	57.7	58.9	1200	126.6	46.0
	32.4	57.8		93.2	44.8
	13.2	55.0		54.9	41.7
				23.3	38.3

表 5.1.7　液态磷的密度

液　态　磷				含有饱和水的液态磷	
温度/℃	密度/(g/cm³)	温度/℃	密度/(g/cm³)	温度/℃	密度/(g/cm³)
10	1.7770	140	1.6575	270	1.5370
20	1.7678	150	1.6483	280	1.5287
30	1.7586	160	1.6391	45	1.742
40	1.7494	170	1.6299	50	1.737
50	1.7402	180	1.6207	55	1.733
60	1.7310	190	1.6115	60	1.728
70	1.7218	200	1.6023	65	1.724
80	1.7126	210	1.5931	70	1.719
90	1.7034	220	1.5839	75	1.715
100	1.6943	230	1.5747	80	1.710
110	1.6851	240	1.5655	85	1.706
120	1.6759	250	1.5563	90	1.701
130	1.6667	260	1.5471	95	1.697

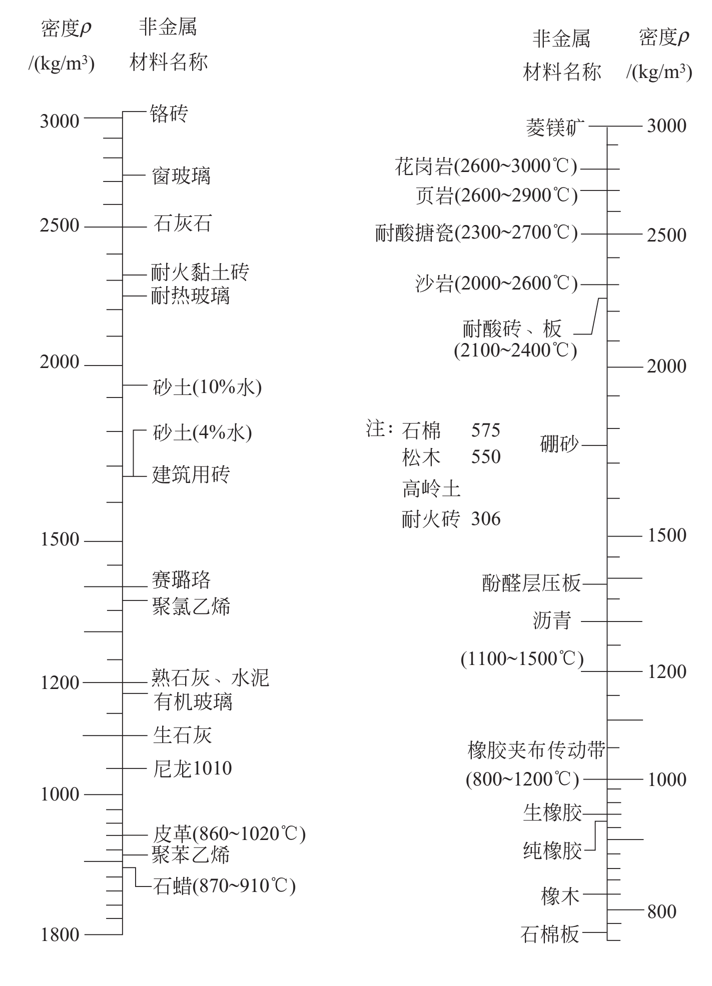


图 5.1　非金属材料的密度

表 5.1.8 气态溴的相对密度（对空气）

温度/℃	15	102.6	175.6	227.9
$\bar{\rho}/\rho_{空}$	5.5149	5.7280	5.6040	5.5243

表 5.1.9 液态和固态溴的密度

项 目	液 体				固 态
温度/℃	15	20	25	30	−273～−150
ρ/（g/cm³）	3.1396	3.1226	3.1055	3.0879	4.17～4.05

表 5.1.10 溴水溶液的密度（15.6℃） 单位：g/cm³

浓度(质量分数)/%	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
ρ	1.0040	1.0055	1.0072	1.0089	1.0092	1.0112	1.0130	1.0142

浓度(质量分数)/%	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.12
ρ	1.0162	1.0197	1.0206	1.0214	1.0223	1.0232	1.0237

5.1.2 熔点和三相点

表 5.1.11 硫的熔点

压强/kPa	20	40	60	80	100	101.3	120	140
t/℃	119.8	123.0	134.4	140.5	142.3	142.5	147.8	153.7
压强/kPa	160	180	200	220	240	260	280	300
t/℃	157.9	163.0	167.8	172.0	176.0	180.1	184.0	188.2

表 5.1.12 非金属单质的三相点参数

项 目	砷	碳	碘	白磷	硫	硅
三相点温度/K	1095.2	4530	386.75	317.3	388.36	1685
三相点压力/kPa	3698.4	10436	12.21	23.82Pa	3.10Pa	0.0497Pa

5.1.3 线胀系数和电阻率

表 5.1.13 非金属单质材料的线胀系数 单位：$\times10^{-6}K^{-1}$

名 称	温 度/K																
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	1000	1200	1400
C(石墨)								8.8	8.9	9.0	9.2	9.4	9.7	9.9	10.4	10.8	
C(金刚石)			0.02	0.04	0.2	0.4	0.7	1.1	1.5	1.9	2.7	3.2	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1
I		53	63	70	78	83	85	87	91								
S			35	42	51	57	60	61		430^{388}							
Se								26	32	40							
Si	−0.02	−0.2	−0.6	−0.4	0.5	1.3	2.0	2.5	2.8	3.1	3.5	3.8	4.1	4.3	4.7	5.0	

注：其他单质材料：As（灰） 6（300K）；B 8（270～370K），8.3（500～1000K）；Br 70（40K）；1100（273～303K）；P（白） 127（300K）；I 93（293～373K，固）；800（387～423K，液） Te 18.2（300K）。

表 5.1.14 常温下非金属的电阻率 单位：Ω·m

名 称	As	Br①	金刚石	石墨	Cl②	I	I③	P	S	Si	Te
ρ	35×10^{-4}	7.8×10^{14}	5×10^{16}	0.14	$>10^{5}$	78×10^{2}	13×10^{10}	10^{13}	2×10^{19}	10	6

① 液体。

② 液体，114℃。

③ 固体。

5.1.4　黏　　度

表 5.1.15　碘和磷的黏度　　单位：mPa・s

项　目	温　　度/℃								
	20	30	40	50	60	70	80	116	185
磷	2.40	2.04	1.79	1.61	1.45	1.32	1.21		
碘								2.268	1.414

表 5.1.16　氯的黏度　　单位：mPa・s

温度/℃	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0
η	0.749	0.678	0.610	0.552	0.510	0.474	0.442	0.412	0.385

表 5.1.17　溴的黏度　　单位：$\times 10^{-4}$ Pa・s

温度/℃	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
η	12.41	11.70	11.10	10.50	9.99	9.50	9.07	8.65	8.26	7.90	5.56	7.21

表 5.1.18　硫的黏度　　单位：mPa・s

温度/℃	120	130	140	150	156	158	159	159.5	160	160.3	161	162
η	11.7	9.50	8.00	7.10	7.16	7.55	9.08	14.45	22.8	77.3	115	157
温度/℃	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174
η	0.225	0.322	0.495	0.715	1.000	1.490	2.000	3.000	4.500	5.600	6.900	7.500
温度/℃	176	178	180	185	190	195	200	210	220	220	230	240
η	10.0	12.0	14.0	17.8	20.0	21.2	21.5	21.5	21.5	19.8	15.9	12.2
温度/℃	250	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	450
η	8800	6150	3400	2020	950	530	320	210	140	96	73	67

表 5.1.19　碘和溴蒸气的黏度　　单位：μPa・s

项　　目	温　　度/℃						
	0	50	100	150	200	220	300
溴	14.8	16.4	188.8	21.2	23.7	24.8	
碘			17.47	19.51	21.73		26.5

表 5.1.20　液态磷的黏度

液　　态　　磷				含有饱和水的液态磷	
温度/℃	黏度/mPa・s	温度/℃	黏度/mPa・s	温度/℃	黏度/mPa・s
20	2.327	70	1.292	45	1.037
25	2.174	75	1.229	50	0.967
30	2.037	80	1.171	55	0.917
35	1.912	85	1.118	60	0.884
40	1.798	90	1.068	65	0.863
44.1	1.706	95	1.022	70	0.850
45	1.706	100	0.979	75	0.841
50	1.694	110	0.901	80	0.830
55	1.512	120	0.833	85	0.815
60	1.432	130	0.773	90	0.790
65	1.359	140	0.720	95	0.751

5.1.5 表面张力

表 5.1.21 溴的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	K_E
σ	45.0	44.4	43.7	42.7	41.5	40.3	39.2	38.3	37.6	36.9	36.2	2.0

注：K_E 为 E↔tv↔s 常数。

表 5.1.22 其他非金属的表面张力

项　目	Cl	S	I		P	
温度/℃	72	141	116	155	78	132
σ/(mN/m)	33.0	58.3	36.9	34.0	43.1	35.6

5.1.6 溶解度

表 5.1.23 液碘在水中的溶解度　　单位：%（质量分数）

温度/℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
I_2	0.016	0.019	0.029	0.040	0.056	0.078	0.106	0.151	0.202	0.312	0.450	0.665

表 5.1.24 碘在碘化钾水溶液中的溶解度（25℃）　单位：mol/dm^{3}饱和溶液

浓度/(mol/L)	0	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05	0.10
I_2	1.333	1.788	2.266	3.728	6.185	11.13	25.77	51.35

表 5.1.25 碘在碘化钠水溶液中的溶解度（25℃）

碘化钠浓度/(g/100mL 水)	碘化钠水溶液密度/(g/cm^3)	碘饱和时碘化钠水溶液密度/(g/cm^3)	溶解度/(g/100g 饱和溶液)	碘化钠浓度/(g/100mL 水)	碘化钠水溶液密度/(g/cm^3)	碘饱和时碘化钠水溶液密度/(g/cm^3)	溶解度/(g/100g 饱和溶液)
5	1.0369	1.0698	4.99	15	1.1072	1.2162	14.93
10	1.0720	1.1415	9.96	20	1.1458	1.2998	20.02

表 5.1.26 碘在盐酸水溶液中的溶解度（25℃）

溶解度/(mol HCl/kg 水)	8.48	17.9	25.1	31.5	65.3	79.5	109.2	141.0
溶解度/(mol I_2/1000g 水)	0.0431	0.0655	0.0793	0.0951	0.170	0.197	0.252	0.299

表 5.1.27 碘在硫酸水溶液中的溶解度（25℃）

硫酸(质量分数)/%	碘/(mol/L)	颜　色	硫酸(质量分数)/(%)	碘/(mol/L)	颜　色
11.87	0.00102	褐色	72.04	0.000270	桃红色
22.72	0.00082	褐色	86.50	0.000207	桃红色
33.25	0.000615	褐色	87.37	0.000200	桃红色
40.42	0.000545	褐色+桃红色	90.00	0.000339	桃红色
59.53	0.000380	桃红色+褐色	94.90	0.000423	桃红色

表 5.1.28　碘在乙醇水溶液中的溶解度（15℃）　　单位：g/100g 乙醇

乙醇浓度(质量分数)/%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
I_2	0.025	0.033	0.045	0.06	0.08	0.11	0.20	0.35	0.55	0.80	1.20

乙醇浓度(质量分数)/%	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
I_2	1.70	2.30	3.20	4.3	5.6	7.2	9.0	11.4	14.8	20.0

表 5.1.29　碘在其他有机溶剂中溶解度（25℃）

有机溶剂	溶解度/(g/kg溶剂)	有机溶剂	溶解度/(g/kg溶剂)	有机溶剂	溶解度/(g/kg溶剂)	有机溶剂	溶解度/(g/kg溶剂)
乙醚	337.3	100%丙醇(15℃)	149.3①	氯仿(20℃)	26	苯	164.0
乙醚(17℃)	200	溴乙烷	146	1,1,1-三氧乙烷	39.8	乙酸乙酯	157
均三甲苯	253.1	丙腈	141	二氯乙烯(顺)	38.3	丙醇	149.3①
甲醇	233.5	溴乙烯	115.1	二氯乙烯(反)	37.6	氯乙烯	57.6
对二甲苯	198.3	异丁醇	97	环己烷	27.9	氯仿	49.7
二硫化碳	197.0	三氯乙烯	79①	四氯化碳	19.2	氯仿(20℃)	26
CS_2(20℃)	171	三溴甲烷	65.9	正-庚烷	17.3	正己烷	13.2
甲苯	182.5	四氯乙烯	61①	2,2-二甲基丁烷	13.9	甘油(25℃)	9.7

① 每升溶液中的质量（g）。

表 5.1.30　硫在硫化钠溶液中的溶解度

（1）25℃

Na_2S(质量分数)/%	0.86	1.38	1.97	1.98	3.19	3.51	4.17	7.42
S(斜方)(质量分数)/%	1.33	2.11	3.03	3.05	4.98	5.45	6.45	11.48

（2）50℃

Na_2S(质量分数)/%	0.63	0.71	1.56	2.64	4.17	6.00	6.41
S(斜方)(质量分数)/%	1.15	1.30	2.70	4.39	6.55	8.94	9.47

表 5.1.31　α 白磷在 100g 溶剂中的溶解度

苯		乙　醚		二硫化碳	
温度/℃	溶解度/g	温度/℃	溶解度/g	温度/℃	溶解度/g
0	1.51	0	0.43	−10	45.7
5	1.99	5	0.62	−7.5	55.9
10	2.4	10	0.85	−5.0	72.2
15	2.7	15	0.90	−3.5	195
18	3.1	18	1.01	−2.5	300
20	3.2	20	1.04	0	434
23	3.4	23	1.12	5	630
25	3.7	25	1.39	10	880
30	4.6	28	1.60		
35	5.2	30	1.75		
50	6.8	35	2.00		
75	9.4				

表 5.1.32 黄磷在二硫化碳中的溶解度 单位：%（质量分数）

温度/℃	−10	−7.5	−5	−3.5	−2.5	0	5	10
P	31.40	35.85	41.95	66.14	75.00	81.3	86.3	89.8

表 5.1.33 黄磷在四氯化碳中的溶解度 单位：%（质量分数）

温度/℃	0	25	33	40	42	45	48	51	52	59	72	91	94	100
P	0.64	1.25	1.56	1.79	1.85	1.92	2.04	2.14	2.23	2.50	3.08	3.94	4.04	4.35

表 5.1.34 硫、磷在其他溶剂中的溶解度

分子式	名称	在溶剂中的溶解度/(g/100g 溶剂)									
		乙醇	甲醇	丙酮	吡啶	甘油	乙醚	乙二醇	苯	二硫化碳	四氯化碳
P	黄磷 白磷	0.31^{18}		0.14^{25}, 0.22^{40}		0.25^{15}	1.04^{20},1.39^{25}, 2.00^{35}	1.02^{20}	3.2^{20},5.8^{40}, 7.9^{60}	434^{0},430^{5}, 880^{10}	1.27^{20}, 1.82^{40}
S	硫 （斜方）	0.05	0.03	2.1	1.5	0.14			1.0^{0},2.1^{25}, 4.5^{50},8.7^{70}	22.0^{0},50.4^{25} 144^{50},257^{70}	0.34^{0},0.85^{25} 1.83^{50}

注：右上角的数字为与其相对应的温度（℃）。

表 5.1.35 气态溴在水中的溶解度

温度/℃	溶解度(质量分数)/%	温度/℃	溶解度(质量分数)/%	温度/℃	溶解度(质量分数)/%
0	42.9	14	20.0	28	10.3
2	38.3	16	18.0	30	9.5
4	34.2	18	16.4	40	6.3
6	30.6	20	14.9	50	4.1
8	27.5	22	13.5	60	2.9
10	24.8	24	12.3	70	1.9
12	22.2	26	11.3	80	1.2

表 5.1.36 液态溴在水中的溶解度

温度/℃	饱和溶液(质量分数)/%	溴的形态	温度/℃	饱和溶液(质量分数)/%	溴的形态
0.0	2.30	$Br_2\cdot10H_2O$	25.0	3.39	Br_2
3.0	3.08	$Br_2\cdot8H_2O$	30.0	3.32	Br_2
5.84	3.73	$Br_2\cdot8H_2O+Br_2$	40.0	3.33	Br_2
10.0	3.60	Br_2	50.0	3.40	Br_2
15.0	3.52	Br_2	52.8	3.496	Br_2
20.0	3.41	Br_2	53.6	3.50	Br_2

表 5.1.37 溴在不同盐溶液中的溶解度（25℃） 单位：g/L

溶 质	浓 度	溶解度	溶 质	浓 度	溶解度	溶 质	浓 度	溶解度
无	—	34.0	KNO_3	101.2	29.0	NaBr	92.6	99.2
KBr	11.9	49.3	K_2SO_4	91.2	24.8	NaBr	206	248
KBr	59.5	119	Na_2SO_4	63.6	23.9	NaBr	320	546
KBr	119.0	216	H_2SO_4	49.0	29.3	NaCl	58.5	55.9
KBr	360.8	632	HBr①	33.7	108.8	NaCl②	118	86.4
KCl	74.6	57.4	HCl①	39.0	79.2	$NaNO_3$	85.1	28.0

① 20.8℃。

② 20.6℃。

5.1.7　蒸　气　压

表 5.1.38　非金属单质的蒸气压

名　称	分子式	0.01	0.02	0.04	0.07	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃																	
硼	B	2110	2174	2236	2290	2330	2402	2480	2545	2590	2680	2775	2855	2908	3020				
溴	Br_2									−30	−21	−10	−2	3	14				
砷	As					366	382	401	417	427	449	471	493	506	534	565	590	610	814
硒	Se	290	305	320	335	348	369	394	415	429	460	490	520	538	575	618	653	680	217
硅	Si①					1706	1751	1799	1839	1865	1919	1974	2024	2056	2121	2190	2246	2287	1420
硅	Si②	1455	1508	1560	1607	1640	1700	1775	1835	1880	1965	2055	2135	2195	2307				
硫	S	128	144	156	166	177.6	193.2	210.0	224.4	235.0	255.5	277.9	299.3	314	345	383	418	445	112.8
碘	I_2	9	17	24	31	35.3	44.1	54.1	62.9	68.4	79.4	91.6	102.3	109.8	127.7	150.0	169.4	183.0	112.9
碳(石墨)	C					3545	3646	3750	3836	3896	4017	4141	4247	4316	4455	4599	4729	4827	
碲	Te					507	540	577	608	630	677	728	777	810	878	959	1033	1087	452
磷(白、黄)	P_4					71.2	84.8	99.6	112.3	120.8	138.2	157.6	175.0	187.0	211.2	238.8	263.1	280.0	44.1
磷(紫)	P_4					231.7	245.1	259.6	272.0	280.2	297.6	315	330	340	360	382	402	417	590
磷(黑)	P_4					285	298	312	324	330	347	363	377	387	405				
灰砷(α)	As	310	324	342	354	362	380	400	416	428	448	474	495	508	536				

名 称	分子式	101.3	200	400	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000	临界值	
		相应于上述蒸气压强(kPa) 的温度/℃)													t_c/℃	p_c/MPa
溴	Br_2	58.2	78.7	102.2	124.1	139.3	159.2	173.4	186.2	196.8	206.6	215.2	230.0	242.6	(311)	(10.30)
硫	S	448	494	524^{300}	548^{400}	568^{530}										

①、②料来源不同。

表 5.1.39　硫的蒸气压　　单位：kPa

温度/℃	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
p	0.0039	0.0074	0.0139	0.0255	0.0431	0.0696	0.1108	0.1813	0.2736	0.4046	0.5877	0.8388	1.1768	1.6241	2.2059

温度/℃	270	280	290	300	320	340	360	380	400	420	444.6	500	550	600
p	2.9513	3.8932	5.0668	6.5159	10.434	16.083	23.998	34.749	49.033	67.669	98.067	207.90	375.07	631.55

表 5.1.40 溴的蒸气压 单位：kPa

温度/℃	−80	−60	−40	−20	0	10	20	30	40	50	60
p	0.017	0.08	0.41	2.01	8.78	14.4	23.1	34.0	52.3	69.6	124

表 5.1.41 黄磷的蒸气压 单位：kPa

温度/℃	温度的个位数									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40						0.025	0.027	0.028	0.031	0.032
50	0.035	0.036	0.039	0.041	0.044	0.047	0.049	0.052	0.055	0.059
60	0.061	0.065	0.069	0.073	0.077	0.083	0.087	0.092	0.097	0.103
70	0.108	0.113	0.120	0.127	0.133	0.141	0.148	0.156	0.164	0.173
80	0.181	0.192	0.201	0.212	0.223	0.235	0.247	0.257	0.271	0.285
90	0.299	0.313	0.328	0.345	0.360	0.379	0.396	0.413	0.436	0.453
100	0.475	0.497	0.521	0.545	0.569	0.595	0.621	0.649	0.677	0.708
110	0.738	0.770	0.804	0.836	0.874	0.912	0.950	0.990	1.032	1.077
120	1.120	1.176	1.213	1.262	1.313	1.373	1.426	1.480	1.533	1.600
130	1.666	1.720	1.786	1.866	1.933	2.000	2.079	2.159	2.239	2.319
140	2.413	2.506	2.586	2.693	2.786	2.879	2.986	3.093	3.213	3.319
150	3.439	3.559	3.679	3.812	3.946	4.079	4.226	4.359	4.506	4.666
160	4.825	4.985	5.185	5.319	5.492	5.665	5.852	6.052	6.238	6.438
170	6.652	6.865	7.078	7.292	7.531	7.758	7.998	8.251	8.505	8.758
180	9.024	9.304	9.584	9.878	10.171	10.464	10.784	11.09	11.42	11.76
190	12.090	12.450	12.810	13.170	13.597	13.997	14.263	14.66	15.20	15.60
200	15.996	16.396	16.929	17.329	17.862	18.262	18.795	19.33	19.86	20.39
210	20.928	21.461	21.995	22.528	23.194	23.727	24.394	25.06	25.59	26.26
220	26.927	27.593	28.393	29.059	29.726	30.526	31.326	31.99	32.79	33.59
230	34.391	35.325	36.124	37.057	37.857	38.790	39.723	40.66	41.59	42.52
240	43.589	44.522	45.589	46.655	47.721	48.788	49.854	51.05	52.25	53.32
250	54.520	55.719	57.052	58.252	59.585	60.918	62.251	63.58	64.92	66.38
260	67.716	69.183	70.649	72.115	73.715	75.181	76.781	78.38	80.11	81.58
270	83.446	85.179	86.912	88.645	90.511	92.244	94.110	95.98	97.98	99.84
280	101.84	103.84	105.97	107.97	110.11	112.24	114.37	116.64	118.90	121.17
290	123.44	125.84	128.23	130.90	133.17	135.57	138.10	140.76	143.30	145.96
温度/℃	温度的十位数和个位数									
	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
300	148.6	177.7	211.2	249.4	293.0	342.2				
500		2441	2644	2867	3090	3333	3596	3860	4143	4437
600	4741	5065	5399	5754						

表 5.1.42 α白磷的饱和升华压力和饱和磷蒸气浓度

温度/℃	压力/Pa	浓度/(g/m³)	温度/℃	压力/Pa	浓度/(g/m³)
20	3.33	0.170	35	11.9	0.574
25	5.73	0.287	40	16.3	0.775
30	9.60	0.472	44.1	23.1	1.084

表 5.1.43　赤磷的蒸气压力

无定型(Ⅰ型)				三斜晶型(Ⅴ型)①				SB 型②			
温度/℃	蒸气压/atm	温度/℃	蒸气压/atm	温度/℃	蒸气压/atm	温度/℃	蒸气压/atm	温度/℃	蒸气压/atm	温度/℃	蒸气压/atm
320	0.15	420	1.6	320	0.02	420	0.72	360	0.18	500	7.5
330	0.19	430	2.0	330	0.03	430	0.97	380	.0.34	510	9.3
340	0.25	440	2.4	340	0.05	440	1.3	400	0.61	520	11
350	0.32	450	2.9	350	0.07	450	1.7	420	1.1	530	14
360	0.42	460	3.5	360	0.10	460	2.3	440	1.8	540	17
370	0.53	470	4.2	370	0.14	470	2.9	450	2.3	550	21
380	0.67	480	5.0	380	0.20	480	3.8	460	3.0	560	25
390	0.84	490	6.0	390	0.28	490	4.9	470	3.8	570	30
400	1.1	500	7.1	400	0.39	500	6.3	480	4.8	580	36
410	1.3	510	8.3	410	0.53	510	8.0	490	6.0	589.5③	43

① 无定型在 550℃加热 720h 而得。

② 白磷在 550℃加热 5h 而得。

③ 熔点。

注：1atm＝101325Pa。

表 5.1.44　液态磷的饱和蒸气压

温度/℃	44.1	100	150	200	250	280.5①	300	350
饱和蒸汽压/atm	0.000233	0.00469	0.03395	0.158	0.538	1.00	1.467	3.378

① 沸点。

注：1atm＝101325Pa。

表 5.1.45　饱和磷蒸气压力与饱和磷蒸气浓度

温度/℃	压力 p/kPa	浓度/(g/m^3)	温度/℃	压力 p/kPa	浓度/(g/m^3)
45	25.3	1.187	75	141.3	6.05
50	34.7	1.600	80	181.3	7.66
55	46.7	2.120	85	234.7	9.77
60	61.3	2.745	90	298.7	12.26
65	82.7	3.645	95	378.7	15.34

5.1.8　比　热　容

表 5.1.46　硫和磷的比热容（摄氏温度）

（1）硫的比热容　　　　单位：kJ/(kg·℃)

项　目	斜　方　晶					单　斜　晶						液　　体			
温度/℃	30	50	70	90	95.4	95.4	100	101	105	110	115.2	115.2	120	140	160
c_p	0.711	0.557	0.738	0.751	0.754	0.772	0.754	0.749	0.777	0.785	0.790	0.989	0.998	1.036	1.536

项　目	液　　体														
温度/℃	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	444.6
c_p	1.324	1.248	1.198	1.163	1.134	1.110	1.091	1.075	1.062	1.052	1.042	1.033	1.022	1.008	1.004

（2）磷的平均比热容　　　　单位：kJ/(kg·℃)

项　目	温　　度/℃				
	－188～20	－78～10	－21～70	7～13	13～36
黄磷	0.7076	0.7285	0.7486	0.7934	0.8457
白磷			0.741^{27}		
红磷			0.795^{9}		

（3）液态磷 P4 的比热容

温　度/℃	44.1	100	150	200	250	280.5①	300	350
比热容 c_p/(J/mol)	100.40	96.88	92.95	87.92	82.06	78.29	75.78	68.24

① 沸点。

表 5.1.47　非金属的比热容（热力学温度）　　　单位：kJ/(kg·K)

名　称	温　度/K										
	10	15	20	25	30	50	70	100	150	200	250
As	0.002	0.006	0.012	0.024	0.040	0.105	0.159	0.218	0.276	0.301	0.318
B(黄)			0.002	0.003	0.002	0.008	0.031	0.100	0.297	0.561	0.816
B(棕)			0.008	0.039	0.039	0.015	0.046	0.126	0.331	0.599	0.858
石墨	0.001	0.003	0.007	0.010	0.014	0.042	0.080	0.138	0.268	0.410	0.565
金刚石	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.020	0.084	0.193	0.343
I	0.016	0.040	0.063	0.084	0.100	0.138	0.163	0.180	0.193	0.201	0.209
S(α)	0.001	0.040	0.080	0.109	0.138	0.230	0.310	0.402	0.532	0.624	0.687
S(β)	0.001	0.040	0.080	0.109	0.138	0.230	0.306	0.398	0.515	0.603	0.662
Se		0.024	0.042	0.059	0.080	0.138	0.180	0.226	0.272	0.293	0.306
Si					0.016	0.048	0.110	0.260	0.460	0.557	0.649
Te	0.007	0.020	0.036	0.050	0.063	0.113	0.146	0.163	0.184	0.193	0.200

名　称	温　度/K										
	298.2	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	1700	2000
As	0.326	0.339	0.351	0.364	0.377	0.389					
B(黄)	1.022	1.428	1.624	1.779	1.892	1.972	2.165	2.320	2.480	2.650	2.705
B(棕)	1.105	1.390	1.545	1.738	1.892	2.010	2.202	2.320	2.404	2.494	2.550
C(石墨)	0.712	0.992	1.218	1.403	1.545	1.650	1.796	1.888	1.946	2.016	2.039
C(金刚石)	0.507	0.854	1.126	1.340	1.499	1.624	1.800	1.951			
I	0.214	0.314	0.146	0.146	0.146	0.151					
S(α)	0.733	1.010	1.185	1.068	1.017						
S(β)	0.708	1.010	1.185	1.068	1.017						
Se	0.322	0.352	0.444	0.444							
Si	0.703	0.791	0.837	0.867	0.888	0.908	0.938	0.963	0.986	0.975	0.908
Te	2.010	0.218	0.234	0.251	0.268	0.293					

5.1.9　热　导　率

表 5.1.48　非金属单质的热导率

（1）摄氏温度　　　单位：W/(m·℃)

名　称	固　态/℃						液　态/℃				
	20	40	60	80	95	115	140	160	170	190	210
S	209	2552	2427	2301	2260	1297	1339	1381	1423	1506	1450
S(α)	0.268	0.266	0.259	0.250							
S(β)					0.147	0.148	0.136	0.169			

（2）热力学温度　　　单位：W/(m·K)

名　称	温　度/K												
	20	50	76	100	200	300	318	386.8	400	500	600	700	800
B	350	316	268	213	49.1	35.2			26.2	21.2	17.0^{573}		
B(黄)	144.7	296.6	265.3	161.5	74.3	60.8^{290}							
天然石墨	150		600		265	160^{273}							
沉积石墨						498^{273}			539^{373}				
ATJ 石墨①		17.0		58.0		129			118	106	95		77
ATJ 石墨②		13.7		42.0		98			90	81	73		59
金刚石		9300		10000	4000	2310			1550				

续表

名　称	温　　度/K												
	20	50	76	100	200	300	318	386.8	400	500	600	700	800
I					0.51^{250}	0.44		0.37/0.115	0.114	0.098	0.081	0.057	
Se	20		6			0.43							
Si	4900		1400		265	150^{273}							
P(白)					0.308	0.235	0.225/0.187	0.182^{350}	0.182	0.166	0.157		
P(黑)	30.0	42.6		30.7	17.7	12.1							
S(α)													
S(β)													
Te			3.39	3.07	2.16	1.69			1.44	1.21	1.00		

① 与造型压力方向垂直，温度为 1000K、1400K、1600K、2000K、2400K、2800K、3200K 时，其值分别为 64W/(m·K)、49W/(m·K)、45W/(m·K)、40W/(m·K)、36W/(m·K)、33W(m·K)、28W/(m·K)。

② 与造型压力方向平行，温度为 1000K、1400K、1600K、2000K、2400K、2800K、3200K 时，其值分别为 49W/(m·K)、39W/(m·K)、36W/(m·K)、32W/(m·K)、29W/(m·K)、27W/(m·K)、23W(m·K)。

5.1.10　焓　和　熵

表 5.1.49　非金属单质的焓　　单位：kJ/mol

项　　目	砷	碳	碘	白磷	硫	硅
25℃时理想气体标准生成焓	302.5	716.7	62.42	316.5	277.2	455.6
25℃时标准燃烧焓	—	−393.5	—	—	−296.8	−905.5
常规沸点下的汽化焓	46.86	—	41.88	49.71	8.887	385.8

表 5.1.50　非金属单质的绝对熵（25℃）　　单位：kJ/(K·mol)

物料名	砷	碳	碘	白磷	硫	硅
绝对熵	174.1	157.991	260.576	163.09	167.72	167.86

5.1.11　熔融热和汽化热

表 5.1.51　非金属单质的熔融热和汽化热（Ⅰ）　　单位：kJ/kg

元素符号	名　称	熔融热	汽化热	元素符号	名　称	熔融热	汽化热
Ar	氩	28.05	162.9	Ne	氖	14.2	85.8
As	砷	285.0	426.3①	O_2	氧	13.8	213.2
B	硼	1109	17400	P	黄磷	20.1	401.5
Br	溴	66.2	187.8	P	红磷	608.4④	1040①
C	石墨	8715	59700①	P	黑磷		1110①
Cl_2	氯	90.0	315.3	S	硫	39.1⑤	287.2
D_2	氘	49.2	304.4	Se	硒	(204.1)	(3863)
F_2	氟	13.4②	172.1	Se(灰)	硒	66.2⑧	270.0
H_2	氢	58.6	454.3	Si	硅	1800	15650
He	氦	5.72	19.5③	Te	碲	137.8	406.6
I_2	碘	61.5	164.5	Xe	氙	23.6	99.2
Kr	氪	8.0	119.3	S⑤	硫	49.8⑥	
N_2	氮	25.5	199.2	S③	硫	59.6⑦	

① 升华热（101.3kPa）。

② 200Pa。

③ 4.3K。

④ 4.3mPa。

⑤ 单斜晶→S4（液）。

⑥ 斜方晶→液。

⑦ 单斜→S（液）。

⑧ 真空中。

表 5.1.52 非金属单质的熔融热和汽化热（Ⅱ） 单位：kJ/kmol

（1）熔融热

物料名	砷	碳	碘	白磷	硫	硅
熔融热	27700	104600	15517	659	1727	50208

（2）磷的汽化热

温　　度/℃	44.1	100	150	200	250	280.5①	300	350
汽化热 ΔH^0/kJ/mol	53.38	52.34	51.54	50.83	50.24	49.91	49.74	49.36

① 沸点。

表 5.1.53 硫在饱和线上的汽化热 单位：kJ/kg

温度/℃	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
ΔH	354.94	348.97	343.24	337.78	332.62	327.74	323.21	319.02	315.17	311.64	308.40	305.40	302.61	300.00	297.55

温度/℃	270	280	290	300	320	340	360	380	400	420	444.6	500	550	600
ΔH	295.25	293.08	291.02	289.11	285.78	283.30	281.96	281.67	282.37	283.97	287.26	300.52	318.38	339.60

5.1.12 临界常数和偏心因子

表 5.1.54 非金属单质的临界参数

项　目	物　料　名					
	砷	碳	碘	白磷	硫	硅
临界温度/K	1673	6810	819.15	993.75	1313	5159
临界压力/kPa	22.3	223	11.65	8.328	18.21	53.70
临界体积/(L/mol)	0.035	0.0188	0.155	—	0.158	0.2326
临界压缩因子	0.0561	0.074	0.265	—	0.264	0.291

表 5.1.55 非金属单质的偏心因子

物料名	砷	碳	碘	硫	硅
偏心因子	−0.36804	0.32684	0.11148	0.24635	1.51406

5.1.13 介 电 常 数

表 5.1.56 非金属单质的介电常数

名　称	介电常数	名　称	介电常数	名　称	介电常数	名　称	介电常数
硒	5.4^{120}	木炭	1.1～2.2	硅	$12.0^{11.0}$	溴	3.1^{20}
硒	6.1^{20}	石墨	12～15	硫	1.6～1.7	碘	118.0^{121}
硒	5.4^{250}	碳粉	5.8～7.0	硫	$3.5^{117.8}$	碘	118.0^{42}
磷	4.1^{34}	碳黑	2.5～3.0	硫	3.5^{232}	碘(粒状)	4.0
磷	4.1^{-69}	硒	11	硫,火药	3.6		
黄磷	3.6	硒	5.4^{250}	硫,液体	3.5		
红磷	4.1	硒	$6.1^{-7.4}$	溴	1.01^{0}		

5.1.14　质量指标

表 5.1.57　鳞片石墨的质量指标（GB/T 3518—2008）

1. 高纯石墨 LC，$w(C) \geqslant 99.9\%$

产品牌号	固定碳/(质量分数)/%　≥	水分/(质量分数)/%　≤	筛余量/(质量分数)/%	主要用途
LC300-99.99	99.99	0.2	≥80.0	柔性石墨密封材料
LC(—)150-99.99 LC(—)75-99.99 LC(—)45-99.99			≤20.0	代替白金坩埚，用于化学试剂熔融
LC500-99.9，300-99.9 LC180-99.9	99.9		≥80.0	柔性石墨密封材料
LC(—)500-99.9 LC(—)75-99.9，45-99.9			≤20.0	润滑剂基料

2. 高碳石墨 LG，$94.0\% \leqslant w(C) < 99.9\%$

产品牌号	固定碳/(质量分数)/%　≥	挥发分/(质量分数)/%　≥	水分/(质量分数)/%　≤	筛余量/(质量分数)/%	主要用途
LG500-99，300-99 LG180-99，150-99 LG125-99，100-99	99.00	1.00	0.50	≥75.0	填充料
LGA(—)150-99，125-99 LGA(—)100-99，75-99 LGA(—)45-99	99.00	1.00	0.50	≤20.0	润滑剂基料 涂料
LG500-98，300-98 LG180-98，150-98 LG125-98，100-98	98.00	1.00	0.50	≥75.0	
LGA(—)500-98，125-98 LGA(—)100-98，75-98 LGA(—)45-98		1.00	0.50	≤20.0	
LG500-97，300-97 LG180-97，150-97 LG125-97，100-97	97.00	1.20	0.50	≥75.0	润滑剂基料 电刷原料
LGA(—)500-97，125-97 LGA(—)100-97，75-97 LGA(—)45-97		1.20	0.50	≤20.0	
LG500-96，300-96 LG180-96，150-96 LG125-96，100-96	96.00	1.20	0.50	≥75.0	耐火材料 电碳制品 电池原料 铅笔原料
LGA(—)500-96，125-96 LGA(—)100-96，75-96 LGA(—)45-96		1.20	0.50	≤20.0	
LG500-95，300-95 LG180-95，150-95 LG125-95，100-95	95.00	1.20	0.50	≥75.0	电碳制品
LGA(—)500-95，125-95 LGA(—)100-95，75-95 LGA(—)45-95		1.20	0.50	≤20.0	耐火材料、电碳制品、电池原料、铅笔原料
LG500-94，300-94 LG180-94，150-94 LG125-94，100-94	94.00	1.20	0.50	≥75.0	电碳制品
LGA(—)500-94，125-94 LGA(—)100-94，75-94 LGA(—)45-94		1.20	0.50	≤20.0	

续表

3. 中碳石墨 LZ,80.0%≤w(C)<94.0%					
产品牌号	固定碳(质量分数)/% ≥	挥发分(质量分数)/% ≥	水分/(质量分数)/% ≤	筛余量(质量分数)/%	主要用途
LZ500-93,300-93 LZ180-93,150-93 LZ125-93,100-93	93.00	1.50	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料 染料
LZA(—)500-93,125-93 LZA(—)100-93,75-93 LZA(—)45-93		1.50	0.50	≤20.0	
LZ500-92,300-92 LZ180-92,150-92 LZ125-92,100-92	92.00	1.50	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料 染料
LZA(—)500-92,125-92 LZA(—)100-92,75-92 LZA(—)45-92		1.50	0.50	≤20.0	
LZ500-91,300-91 LZ180-91,150-91 LZ125-91,100-91	91.00	1.50	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料 染料
LZA(—)500-91,125-91 LZA(—)100-91,75-91 LZA(—)45-91		1.50	0.50	≤20.0	
LZ500-90,300-90 LZ180-90,150-90 LZ125-90,100-90	90.00	2.00	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料
LZA(—)500-90,125-90 LZA(—)100-90,75-90 LZA(—)45-90		2.00	0.50	≤20.0	铅笔原料 电池原料
LZ500-89,300-89 LZ180-89,150-89 LZ125-89,100-89	89.00	2.00	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料
LZA(—)500-89,125-89 LZA(—)100-89,75-89 LZA(—)45-89		2.00	0.50	≤20.0	铅笔原料 电池原料
LZ500-88,300-88 LZ180-88,150-88 LZ125-88,100-88	88.00	2.00	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料
LZA(—)500-88,125-88 LZA(—)100-88,75-88 LZA(—)45-88		2.00	0.50	≤20.0	铅笔原料 电池原料
LZ500-87,300-87 LZ180-87,150-87 LZ125-87,100-87	87.00	2.50	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料
LZA(—)500-87,125-87 LZA(—)100-87,75-87 LZA(—)45-87		2.50	0.50	≤20.0	铸造涂料
LZ500-86,300-86 LZ180-86,150-86 LZ125-86,100-86	86.00	2.50	0.50	≥75.0	耐火材料
LZA(—)500-86,125-86 LZA(—)100-86,75-86 LZA(—)45-86		2.50	0.50	≤20.0	铸造涂料

续表

3. 中碳石墨 LZ,80.0%≤w(C)<94.0%					
产品牌号	固定碳(质量分数)/%　≥	挥发分(质量分数)/%　≥	水分/(质量分数)/%　≤	筛余量(质量分数)/%	主要用途
LZ500-85,300-85 LZ180-85,150-85 LZ125-85,100-85	85.00	2.50	0.50	≥75.0	坩埚 耐火材料
LZA(—)500-85,125-85 LZA(—)100-85,75-85 LZA(—)45-85		2.50	0.50	≤20.0	铸造材料
LZ500-80,300-80 LZ180-80,150-80 LZ125-80,100-80	80.00	3.00	1.00	≥75.0	耐火材料
LZA(—)500-80,125-80 LZA(—)100-80,75-80 LZA(—)45-80		3.00	1.00	≤20.0	铸造材料

4. 低碳石墨 LD,50.0%≤w(C)<80.0%				
产品牌号	固定碳(质量分数)/%　≥	水分(质量分数)/%　≤	筛余量(质量分数)/%	主要用途
LD(—)150-75,75-75	75.00	1.00	20.0	铸造涂料
LD(—)150-70,75-70	70.00			
LD(—)150-65,75-65	65.00			
LD(—)150-60,75-60	60.00			
LD(—)150-55,75-55	55.00			
LD(—)150-50,75-50	50.00			

注：无挥发分要求的石墨，固定碳含量的测定可以不测挥发分。

表 5.1.58　锅炉原水净化炭质量指标

项　　目		指　　标				
		150	160	170	180	190
亚甲基蓝脱色力/(mL/g)	≥	150	160	170	180	190
碘吸附值(质量分数)/%	≥	900	950	1000	1050	1050
pH 值		9～11	9～11	9～11	9～11	9～11
干燥减量(质量分数)/%	≤	5～10	5～10	5～10	5～10	5～10
总铁盐(质量分数)/%	≤	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05
灼烧残渣(质量分数)/%	≤	6	6	6	5	5
氯化物(质量分数)/%	≤	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
比导电率/(hS/cm)	≤	900	900	700	700	700
苯酚值(质量分数)/%	≤	25	<25	<25	<25	<25
ABS 值(质量分数)/%	≤	50	<50	<50	<50	<50
砷(质量)/$\times 10^{-6}$	≤	1	<1	<1	<1	<1
铅(质量)/$\times 10^{-6}$	≤	10	<10	<10	<10	<10
锌(质量)/$\times 10^{-6}$	≤	30	<30	<30	<30	<30
镉(质量)/$\times 10^{-6}$	≤	1	<1	<1	<1	<1
粒度 200 目通过率/%	≥	90	90	90	90	90
外观		黑色颗粒状,微孔结构发达				

用途：用于电站锅炉原水净化，地表水的深度净化，也可用于氧体分离、净化、有机溶剂回收，贵重金属的提取等。

表 5.1.59 石油化工专用活性炭质量指标

项 目		指 标		项 目		指 标	
		A 级品	B 级品			A 级品	B 级品
6～12 目通过率/%	≥	90	90	水分(质量分数)/%	≤	10	10
碘吸附(mg/g)	≥	1000	900	强度(质量分数)/%	≥	95	96
表观密度/(g/mL)		0.5	0.5	pH 值		6～9	6～9

用途：石化行业的无碱脱臭、乙烯脱盐水、催化剂载体、水净化及污水处理等。

表 5.1.60 污水处理专用活性炭质量指标

项 目		指 标					
		50	51	52	53	54	55
亚甲基蓝吸附/(mL/g)		105	120	135	150	165	180
碘吸附/(mg/g)		800	850	850	900	950	1000
干燥减量(质量分数)/%		10	10	10	10	10	10
灼烧残渣(质量分数)/%		8	8	8	6	6	6
pH 值		5～10	5～10	5～10	5～10	5～10	5～10
铁(质量分数)/%		0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
200 目通过率(质量分数)/%	≥	90	90	90	90	90	90

用途：石化、电力、化工、环保等行业的水净化及污水处理。

表 5.1.61 试剂用活性炭的质量指标（HG/T 3491—1999）

项 目		指 标		项 目		指 标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
亚甲基蓝吸附量		合格	合格	氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.025	0.10
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～7.0	4.5～7.5	硫化合物(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15
乙醇溶解物(质量分数)/%	≤	0.2	0.2	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.02	0.10
盐酸溶解物(质量分数)/%	≤	0.8	2.0	锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.05	0.10
干燥失重(质量分数)/%	≤	10.0	15.0	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	2.0	3.0				

表 5.1.62 微晶石墨的质量指标（GB/T 3519—2008）

有铁要求的微晶石墨

项 目	指 标				
	固定碳/% ≥	挥发分/% ≤	水分/% ≤	酸溶铁/% ≤	筛余物/% ≤
WT99.99-45,WT99.99-75	99.99	—	0.2	0.005	15
WT99.9-45,WT99.9-75	99.9	—			
WT99-45,WT99-75	99	0.8	1.0	0.15	15
WT98-45,WT98-75	98	1.0			
WT97-45,WT97-75	97	1.5	1.5	0.4	15
WT96-45,WT96-75	96				
WT95-45,WT95-75	95	2.0	1.5	0.4	15
WT94-45,WT94-75	94			0.7	
WT92-45,WT92-75	92	2.0	2.0	0.7	10
WT90-45,WT90-75	90				
WT88-45,WT88-75	88	3.3	2.0	0.8	10
WT85-45,WT85-75	85				
WT83-45,WT83-75	83	3.6	2.0	0.8	10
WT80-45,WT80-75	80				
WT78-45,WT78-75	78	3.8		1.0	10
WT75-45,WT75-75	75				
用途	铅笔、电池、焊条、石墨乳剂、石墨轴承的配料和电池炭棒的原料				

无铁要求的微晶石墨

项 目	指 标				
	固定碳/% ≥	挥发分/% ≤	水分/% ≤	酸溶铁/% ≤	筛余物/% ≤
WT90-45,WT90-75	90	3.0	3.0	—	10
WT88-45,WT88-75	88	3.2			
WT85-45,WT85-75	85	3.4			
WT83-45,WT83-75	83	3.6			
WT80-45,WT80-75,WT80-150	80				
WT78-45,WT78-75,WT78-150	78	4.0	3.0	—	10
WT75-45,WT75-75,WT75-150	75	4.0			
WT70-45,WT70-75,WT70-150	70	4.2			
WT65-45,WT65-75,WT65-150	65				
WT60-45,WT60-75,WT60-150	60	4.5	3.0	—	10
WT55-45,WT55-75,WT55-150	55				
WT50-45,WT50-75,WT50-150	50				
用途	铸造材料,耐火材料、染料及电极糊原料				

表 5.1.63　试剂用溴的质量指标（GB/T 1281—93）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
Br 含量(质量分数)/%	⩾	99.5	99.5	99.0
蒸发残渣(质量分数)/%	⩽	0.005	0.005	0.01
氯(Cl)(质量分数)/%	⩽	0.01	0.02	0.05
碘(I)(质量分数)/%	⩽	0.001	0.001	0.005
有机溴化合物(质量分数)/%	⩽	合格	合格	合格
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	⩽	0.001	0.005	0.01
铁(Fe)(质量分数)/%	⩽	0.00005	0.0002	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	⩽	0.00005	0.0002	—

表 5.1.64　试剂用碘的质量指标（GB/T 675—93）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
I_2含量(质量分数)/%	⩾	99.8	99.5	氯及溴(以 Cl 计)(质量分数)/%	⩽	0.005	0.01
蒸发残渣(质量分数)/%	⩽	0.005	0.02				

表 5.1.65　工业赤磷的质量指标（GB 4947—2003）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
赤磷(以 P 计)(质量分数)/%	⩾	99.0	98.5	97.5
黄磷(以 P 计)(质量分数)/%	⩽	0.005	0.005	0.010
游离酸(以 H_3PO_4计)(质量分数)/%	⩽	0.30	0.50	0.80
水分	⩽	0.20	0.25	0.30
细度		供需方协商		
外观		暗红色粉粒		

用途：用于制造火柴、烟火、试剂用，磷合金。

表 5.1.66　工业黄磷的质量指标（GB 7816—1998）

项目		指标	
		优等品	一等品
黄磷(质量分数)/% ⩾	在苯中	99.90	99.50
	在二硫化碳中	99.90	—
不溶物(质量分数)/%⩽	在苯中	0.10	0.50
	在二硫化碳中	0.10	—
外观		石蜡状，淡黄色至微黄绿色	石蜡状，黄绿色至棕绿色

用途：主要用于制取赤磷、磷的硫化物及磷酸等产品。

表 5.1.67　砷的质量指标（GB/T 3495—83）

成分	含量	成分	含量	外观
砷	⩾99.0	硫	⩽0.3	呈银灰色金属块状，不应带有外来夹杂物。最小粒度不小于 2mm
锑	⩽0.4	杂质总量	⩽1.0	
铋	⩽0.1			

用途：砷作合金添加剂生产铅制弹丸、印刷合金、蓄电池栅板、耐磨合金、高强结构钢及耐蚀钢等；高纯砷主要用途是制备砷化镓和砷化铟等半导体材料及器材；也作为半导体材料锗和硅的重要掺杂剂或制备高纯合金。

表 5.1.68 碲的质量指标（GB/T 1476—79） 单位：%(质量分数)

项目		指标			项目	指标		
		Te-1	Te-2	Te-3		Te-1	Te-2	Te-3
Te	≥	99.99	99.9	99	Si	0.001	0.003	—
Gu	≤	0.001	0.004	—	S	0.001	0.01	—
Pb	≤	0.002	0.005	—	Se	0.002	0.05	—
Al	≤	0.001	0.003	—	As	0.0005	0.001	—
Bi	≤	0.001	0.002	—	Mg	0.001	0.002	—
Fe	≤	0.001	0.005	—	杂质	0.01	0.1	1
Na	≤	0.003	0.006	—	外观	银灰色锭块，表面洁净，无肉眼可见夹杂物		

注：Te-1、Te-2 的含量为 100%减去表中杂质总量的余量，Te-3 的含量为直接分析测定值。产品以长方梯形锭状供应，每锭重 1～5kg。

用途：用作陶瓷与玻璃的着色剂、橡胶的硫化剂、石油裂化的催化剂等，也用于制造、合金，是极有前途的半导体材料，用于碲化合物的制备，还用作催化剂。

表 5.1.69 硫精矿的质量指标（YS/T 337—2009） 单位：%(质量分数)

等级	有效硫 ≥	As ≤	F ≤	Pb+Zn ≤	粒度/mm ≤	水分/% ≤
一级品	43	0.01	0.03	0.40	0.6	12
二级品	38	0.03	0.05	0.80		
三级品	35	0.10	0.08	1.20		
四级品	29	0.40	0.20	2.50		
五级品	26	1.60	1.80	3.00		

表 5.1.70 工业硫黄的质量指标（GB/T 2449—2006）

项目			指标		
			优等品	一等品	合格品
硫(S)的(质量分数)/%		≥	99.95	99.50	99.00
水分/(质量分数)/%	固体硫黄	≤	2.0	2.0	2.0
	液体硫黄	≤	0.10	0.50	1.00
灰分/(质量分数)/%		≤	0.03	0.10	0.20
酸度[以硫酸(H_2SO_4)计](质量分数)/%		≤	0.003	0.005	0.02
有机物(质量分数)/%		≤	0.03	0.30	0.80
砷(As)(质量分数)/%		≤	0.0001	0.01	0.05
铁(Fe)(质量分数)/%		≤	0.003	0.005	—
筛余物(质量分数)/%	粒度大于 150μm	≤	0	0	3.0
	粒度为 75～150μm	≤	0.5	1.0	4.0

注：表中的筛余物指标仅用于粉状硫黄。

用途：主要用来生产硫酸、染料、烟花爆竹及橡胶制品，还可用于军工、医药、农药等部门。

表 5.1.71 食用硫黄的质量指标（GB 3150—2010）

项目		指标	项目		指标
硫(S)含量(质量分数)/%	≥	99.9	有机物含量(质量分数)/%	≤	0.03
水分(质量分数)/%	≤	0.10	硫化物(质量分数)/%	≤	通过检验
灰分(质量分数)/%	≤	0.03	砷(As)含量/(mg/kg)	≤	1
酸度(以 H_2SO_4计)(质量分数)/%	≤	0.003	外观		黄色或黄色粉末或片状

用途：食品硫黄在食品工业中可用来防腐、杀虫、漂白、熏染等，还可用于淀粉工业软化玉米及其他原料。

表 5.1.72　橡胶用不溶性硫黄的质量指标（HG/T 2525—93）　　　　单位：%(质量分数)

项　目	指　标					
	非充油型		充　油　型			
	IS60	IS90	IS70-20	IS60-33	IS60-10	IS60-05
外观	黄色粉末		黄色不飞扬粉末			
元素硫含量(质量分数)/% ≥	99.50		79.00	66.00	89.00	94.00
不溶性硫含量(质量分数)/% ≥	60.00	90.00	70.00	60.00	60.00	60.00
油含量(质量分数)/% ≤	—		19.00～21.00	32.00～34.00	9.00～11.00	4.00～6.00
酸度(以 H_2SO_4计) ≤	0.05					
加热减量(60℃) ≤	0.50					
灰分(质量分数)/% ≤	0.30					
150μm 筛余物 ≤	0.30					

用途：主要作为一种橡胶工业的高级促进剂和硫化剂，也可用于电缆、胶辊、油封、胶鞋等橡胶制品的胶料中，同时也应用于硫黄用量大的浅色橡胶制品中。

表 5.1.73　精制硫黄粉的质量指标（HG/T 3260—90）

指　标		指标(荧光纯)
主含量	硫(S)(质量分数)/% ≥	99.5
杂质含量	铁(Fe)/×10^{-6} ≤	0.3
	铜(Cu)/×10^{-6} ≤	0.2
	铅(Pb)/×10^{-6} ≤	0.5
	镍(Ni)/×10^{-6} ≤	0.5
	钙(Ca)/×10^{-6} ≤	1.0
荧光污染检查	铁＋铜＋有机物污染点	100g 试样中在 10 个点以下
粒度	710μm 标准筛筛余物	无
外观	淡黄色或黄色结晶粉末	淡黄色或黄色结晶粉末
其他	机械杂质(木屑、铁屑、砂等)	无

表 5.1.74　精制硫黄粉的质量指标（ZB/TG 13002—90）

项　目		指标(荧光纯)	项　目		指标(荧光纯)
主含量(质量分数)/% ≥	硫(S)	99.5	荧光污染检查	铁＋铜＋有机物污染点	100g 试样中在 10 个点以下
杂质(质量)/×10^{-6} ≤	铁(Fe)	0.3	粒度	710μm 标准筛细度	无
	铜(Cu)	0.2	其他	机械杂质(木屑、铁屑、砂等)	无
	铅(Pb)	0.5			
	镍(Ni)	0.5			
	钙(Ca)	1.0			
外　观	黄色或淡黄色结晶粉末				

用途：电子工业中制造电视显像管及其他阴极射线管用各种荧光粉，橡胶中的硫化剂。可以用来制造工业硫酸，农业上可调节土壤的硝化和 pH 值，也可制作杀虫剂、杀菌剂，医药工业上可制造磺胺等药品，军事上用来制造常规炸药，食品工业可用来制作蔗糖脱色剂等，在半导体工业上也有一定的作用。

表 5.1.75 工业硅的质量指标（GB/T 2881—2008）

类别	牌号	化学成分(质量分数)/%			
		Si ≤	杂质 ≤		
			Fe	Al	Ca
化学用硅（经化学处理后用于制取有机硅等）	Si-A	99.60	0.20	0.10	0.01
	Si-B	99.20	0.20	0.20	0.02
	Si-C	99.00	0.30	0.30	0.03
	Si-D	98.70	0.40	0.10	0.05
冶金用硅（冶金业用于配制铝硅等各种合金）	Si-1	99.60	0.20	—	0.05
	Si-2	99.30	0.30	—	0.10
	Si-3	99.30	0.50	—	0.20

注 1. 硅含量以100%减去杂质含量总和来确定。

2. 分析结果的判定采用修约比较法，数值修约按 GB/T 8170 的规定进行，修约数位与表中所列极限值数位一致。

表 5.1.76 硅多晶的质量指标（GB/T 12963—2009）

项目		指标		
		1级品	2级品	3级品
基磷电阻率/Ω·cm	≥	500	300	200
基硼电阻率/Ω·cm	≥	3000	2000	1000
碳浓度，1016at/cm³	<	1.5	2	2
N型少数流子寿命/μs	≥	500	300	100
金属杂质总含量		供需双方协商		

注：1. 块状硅多晶形状无规则且尺寸随机，其线性尺寸最小为 6mm，最大为 100mm，其直径及长度尺寸由供需双方商定，分布范围为：6～25mm 的最多占 15%，25～50mm 的占 15%～35%，50～100mm 的最少占 65%（质量分数）。

2. 棒状硅多晶的长度和直径由供需双方确定，直径允许偏差≤5%。

用途：多晶硅太阳能电池等。

表 5.1.77 工业硅溶液的质量指标（HG/T 2521—2008）

项目			碱性钠型			
			JN-20	JN-25	JN-30	JN-40
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%			20.0～21.0	25.0～26.0	30.0～31.0	40.0～41.0
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/%		≤	0.30	0.30	0.30	0.40
pH值			9.0～10.0	9.0～10.0	9.0～10.0	9.0～10.0
黏度(25℃)/mPa·s		≤	5.0	6.0	7.0	25.0
密度(25℃)/(g/cm³)			1.12～1.14	1.15～1.17	1.19～1.21	1.28～1.30
平均粒径/nm	Ⅰ		<10(其黏度值由供需双方协商)			
	Ⅱ		10～20			
	Ⅲ		21～40			
	Ⅳ		41～100			

项目			酸性无稳定剂型		
			SW-20	SW-25	SW-30
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%			20.0～21.0	25.0～26.0	30.0～31.0
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/%		≤	0.04	0.05	0.06
pH值			2.0～4.0	2.0～4.0	2.0～4.0
黏度(25℃)/mPa·s		≤	5.0	6.0	7.0
密度(25℃)/(g/cm³)			1.12～1.14	1.15～1.17	1.19～1.21
平均粒径/nm	Ⅰ		<10(其黏度值由供需双方协商)		
	Ⅱ		10～20		
	Ⅲ		21～40		
	Ⅳ		41～100		
外观			乳白色半透明胶状液体		

注：工业硅溶胶的分类、代号和型号如下。

分类	碱性钠型				酸性无稳定剂型		
代号	JN				SW		
型号	JN-20	JN-25	JN-30	JN-40	SW-20	SW-25	SW-30

型号中首位“J”代表酸，“W”代表碱；“N”、“W”代表稳定剂代号，数字为二氧化硅的质量分数（%）。

用途：主要用于精密铸造以及造纸、纺织、涂料工业，还可用作无机黏结剂、催化剂载体、显像管涂层助剂、地板蜡防滑剂等。

表 5.1.78　A 型（细孔）硅胶的质量指标（HG/T 2765.1—2005）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
粒度合格率/%		协议		
堆积密度/(g/L)		协议		
25℃时对水蒸气的吸附量/%	RH=20% ≥	10.5	10.0	8.0
	RH=50% ≥	23.0	22.0	20.0
	RH=90% ≥	34.0	32.0	30.0
球形颗粒合格率/%	≥	82	—	—
加热减量/%	≤	2.0	4.0	6.0
pH 值		4~8	—	—
比电阻/Ω·cm	≥	3000		
二氧化硅(质量分数)/%	≥	98	—	—
外观		无色或微黄透明、半透明颗粒		

注：球形颗粒合格率指标仅适用于细孔球形硅胶。

用途：主要用于干燥、防潮，也可用作催化剂载体、吸附剂、分离剂、以及变压吸附等。

表 5.1.79　B 型硅胶的质量指标（HG/T 2765.6—2005）

项目		指标	
		优等品	一等品
粒度合格率/%		协议	
堆积密度/(g/L)		协议	
25℃时对水蒸气的吸附量/%	RH=20% ≥	4.0	3.0
	RH=50% ≥	11.0	10.0
	RH=90% ≥	70.0	50.0
球形颗粒合格率/%	≥	82	—
加热减量/%	≤	2.0	2.0
pH 值		5.5~7.5	4~8
比电阻/Ω·cm	≥	5000	3000
二氧化硅(质量分数)/%	≥	98	98

注：球形颗粒合格率指标仅适用于细孔球形硅胶。用途同上。

表 5.1.80　C 型（粗孔）硅胶的质量指标（HG/T 2765.2—2005）

项目		Ⅰ类(粗孔球形硅胶)指标					
		优等品		一等品		合格品	
粒度/mm		4.0~8.0	2.0~5.6	4.0~8.0	2.0~5.6	4.0~8.0	2.0~5.6
粒度合格率/%	≥	94	94	94	90	90	90
磨耗率/%	≤	4	6	6	8	8	10
堆积密度/(g/L)	≥	400		400		400	
孔容/(mL/g)	≥	0.85		0.75		0.72	
球形颗粒合格率/%	≥	78		75		—	
加热减量(质量分数)/%	≤	5		5		5	
外观		乳白色毛玻璃状球形颗粒,允许有个别异色颗粒					

项目		Ⅱ类(粗孔块状硅胶)指标			
粒度/mm		>5.6	2.8~8.0	1.4~4.0	0.25~2.0
粒度合格率/%	≥	90	90	90	90
磨耗率/%	≤	10	10	30	—

续表

项　　目		Ⅱ类(粗孔块状硅胶)指标
堆积密度/(g/L)	≥	400
孔容/(mL/g)	≥	0.76
球形颗粒合格率/%	≥	—
加热减量(质量分数)/%	≤	5
外观		乳白色玻璃状不规律颗粒,允许有个别异色颗粒

表 5.1.81　微球硅胶的质量指标（HG/T 2765.3—2005）

项　　目		指　　标					
		优等品		一等品		合格品	
粒度/μm		300～850	125～425	300～850	125～425	300～850	125～425
粒度合格率/%	≥	94.5	94.5	90	85	85	80
磨耗率/%	≤	14	10	14	10	14	10
堆积密度/(g/L)	≥	300					
孔容/(mL/g)		0.8～1.3					
加热减量(质量分数)/%	≤	4					
比表面积/(m^2/g)	≤	300～550					
外观		白色玻璃状的透明球形颗粒,允许有个别异色颗粒					

表 5.1.82　粗孔微球硅胶的质量指标（HG/T 2765.3—1996）

项　　目		Ⅰ型(比表面积 300～450)微球硅胶			
		优等品		一等品	
粒度/μm		300～850	125～425	300～850	125～425
粒度合格率/%	≥	94.5	94.5	90	85
磨耗率/%	≤	14	10	14	10
堆积密度/(g/L)	≥	400			
孔容/(mL/g)		0.8～1.1			
比表面积/(m^2/g)		300～450			
加热减量(质量分数)/%	≤	5			
外观		白色玻璃状透明球形颗粒			
项　　目		Ⅱ型(比表面积 450～600)微球硅胶			
		优等品		一等品	
粒度/μm		300～850	125～425	300～850	125～425
粒度合格率/%	≥	94.5	94.5	90	85
磨耗率/%	≤	14	10	14	10
堆积密度/(g/L)	≥	400			
孔容/(mL/g)		0.8～1.1			
比表面积/(m^2/g)		450～600			
加热减量(质量分数)/%	≤	5			
外观		白色玻璃状透明球形颗粒			

表 5.1.83　FNG 硅胶的质量指标（GB 005—88）

项　目		FNG Ⅰ型		FNG Ⅱ型	
		一级品	合格品	一级品	合格品
粒度合格率(质量分数)/%	≥	90	85	90	85
抗压碎强度/N	≥	98	68	98	68
磨耗率(质量分数)/%	≤	2	5	2	5
吸附量(质量分数)/%	≥	36	35	72	70
堆积密度/(g/L)		600～700	600～700	400～500	400～500
球形颗粒合格率/%	≥	95	90	95	90
烘干失重(质量分数)/%	≤	3	3	3	3
遇水不裂率(质量分数)/%	≥	95	90	95	90

用途：各种气体的干燥剂、分子筛等。

表 5.1.84　蓝胶指示剂和变色硅胶的质量指标（HG/T 2765.4—1996）

项　目			指　标	
			蓝胶指示剂	变色硅胶
外观			蓝至浅蓝色	蓝至浅蓝色
粒度合格率/%		≥	96	90
磨耗率/%		≤	10	10
吸附量/%	RH=20%	≥	8	—
	RH=35%	≥	13	—
	RH=50%	≥	20	20
加热减量(质量分数)/%		≤	5	5
显　色	RH=20%		蓝或浅蓝色	—
	RH=35%		紫或紫红色	—
	RH=50%		浅红色	浅紫色或浅红色
外观			蓝胶指示剂为蓝色或浅蓝色玻璃状颗粒	

用途：蓝胶指示剂主要用于指示干燥剂的饱和程度及密封包装物，精密仪器仪表内空间介质的相对湿度；变色硅胶主要用作干燥剂兼指示剂，用于一般密封包装物和仪器仪表的防潮。

表 5.1.85　层析硅胶的质量指标（HG/T 2354—2010）

（1）薄层层析硅胶

项　目		指　标							
		H		HF_{254}		G		GF_{254}	
		优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品
煅石膏($CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$)(质量分数)/%		—		—		12.0～14.0		12.0～14.0	
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.02		0.02		0.02		0.02	
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.015	0.020	0.015	0.020	0.015	0.020	0.015	0.020
细度(W=38μm)(质量分数)/%	≤	4.0	8.0	4.0	8.0	4.0	8.0	4.0	8.0
pH 值(100g/L 水悬浮液)		6.7～7.0		6.7～7.0		6.7～7.0		6.7～7.0	
活度		三色分开		三色分开		三色分开		三色分开	
加热减量(质量分数)/%	≤	5		5		5		5	
外观		白色均匀粉末							

注："三色"指二甲基黄、苏丹红、靛酚蓝。

（2）柱层层析硅胶

项目	指标							
	普通型				精制型			
	规格1	规格2	规格3	规格4	规格1	规格2	规格3	规格4
比表面积/(m^2/g)	>450	380～530	300～450	<350	>450	380～530	300～450	<350
孔容/(mL/g)	0.35～0.50	0.6～0.8	0.8～1.0	>1.0	0.35～0.50	0.6～0.8	0.8～1.0	>1.0
氯化物(以Cl计)(质量分数)/% ≤	—				0.02			
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	—				0.02			
pH值(100g/L水悬浮液)	协议				协议			
加热减量(质量分数)/% ≤	5				5			
粒度/μm	协议				协议			
粒度合格率(质量分数)/% ≥	60				60			
外观	白色均匀粉末				白色均匀粉末			

用途：主要用于食品工业、机械工业、医疗工业等无毒食品级要求，防震，耐高压、耐低温、耐高温（−60～250℃）。

表5.1.86　硅粉的质量指标（YS/T 724—2009）

牌号	化学成分(质量分数)/%						
	Si含量 ≥	杂质含量 ≤					总杂质含量≤
		Fe	Al	Ca	B	P	
化学用硅-01	99.9	0.02	0.02	0.02	0.002	0.005	0.1
化学用硅-02	99.3	0.4	0.2	0.1	0.005	0.010	0.7
化学用硅-03	99.0	0.5	0.3	0.2	0.005	0.010	1.0

注：1. 硅含量以100%减去规定分析成分铁、铝、钙等杂质之和来确定。

2. 硅粉中的硼、磷、镉、镍、铜、锌等化学元素和水分分析，按供需双方确定的检验方法进行。

表5.1.87　硒的质量指标（GB/T 1477—1979）　　单位：%

项目	指标			项目	指标		
	Se-1	Se-2	Se-3		Se-1	Se-2	Se-3
Se(硒) ≥	99.992	99.9	99	Bi ≤	0.0005	—	—
Cu ≤	0.0005	0.001	—	Mg ≤	0.0005	—	—
Hg ≤	0.0005	0.02	—	Al ≤	0.0005	—	—
As ≤	0.0005	0.003	—	Si ≤	0.0005	—	—
Sb ≤	0.0005	0.01	—	B ≤	0.0005	—	—
Te ≤	0.0005	0.07	—	S ≤	0.001	0.02	—
Fe ≤	0.001	0.04	—	Cl ≤	0.001	—	—
Pb ≤	0.001	0.03	—	C ≤	0.001	0.02	—
Sn ≤	0.001	—	—	杂质总量 ≤	0.001	0.1	1.0
Ni ≤	0.001	0.002	—				
外观：为黑色或灰色玻璃状无定形锭块(红硒和灰硒为硒的结晶变体；主成分不变)，硒锭表面必须洁净，无肉眼可见的夹杂物。							

注：牌号Se-1、Se-2硒的含量为100%减去表中杂质总量的余量，牌号Se-3硒的含量为直接分析测定值。Se-1以硒锭或硒粒供应，Se-2、Se-3以硒锭或硒粉供应，Se-1、Se-2硒粉需过60目筛，硒粒直径为3～5mm。

用途：在电子工业中作光电管、太阳能电池以及在电视和无线电传真等方面使用；在玻璃、颜料及冶金工业中：硒能使玻璃着色或脱色，高质量的信号用透镜玻璃中含2%的硒，含硒的平板玻璃用作太阳能的热传输板和激光器窗口红外过滤器。硒可改善钢和铜合金的加工性能；硒合金用以制造低压整流器、光电池、热点材料。硒的化合物用作有机合成氧化剂、催化剂。可作动物饲料微量添加剂。

5.2 非金属氧化物

5.2.1 物 性 总 览

表 5.2.1 (a) 非金属氧化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
As_2O_3	砒霜	197.82	白	立	易燃 剧毒	3865	↑ 315	461	表 5.2.8		+Cl;×N	++	÷÷	×Na_2CO_3,王水
As_2O_3	白砷石	197.82	无	单	1.92	4150	↑ 314	461	1.2^{2}	11.5	+	×	+	−乙醚
As_2O_3	砷华	197.82	透明	立	1.755	3738	315	461	表 5.2.8		+Cl	×	−	−乙醚;+氯仿,Na_2CO_2
As_2O_5	五氧化二砷	229.82	白	非	≈	4086	// 315		表 5.2.8		×	+	++	
B_2O_3	三氧化二硼	69.62	无	玻、粉	1.459	2460	450	>1860	表 5.2.8		+		+	+甘油,醇
B_2O_3	三氧化二硼	69.62	白	正	1.64	2460	460	1860	÷	+				
$B_2O_3 \cdot 3H_2O$	氧化硼·3水	123.69		三	1.456	1490	//		÷	+				
BrO_2	二氧化溴	111.91	浅黄	晶			// −40	5.6	//					+CCl_4
$(ClO_3)_2$	三氧化氯	166.90				1950^{20}	3.5	203						
Cl_2O_7	七氧化二氯	182.90	无	油	易爆	1860	−91.5	82//	+//					+苯,CCl_4
H_2O_2	过氧化氢	34.02	无	液	强腐蚀 1.414	1438	−0.9	151.4	+++		+		∞	−石油醚;+乙醚
H_2O_2	过氧化氢(30%)	34.02	无	液	1.408	1448	−0.4	150.2	∞					
I_2O_4	四氧化二碘	317.84	黄	晶		4210^{10}	// 130		//		+S		−	−乙醚
I_2O_5	五氧化二碘	333.81	白	针	~	4779^{25}	// 300		187^{13}		+N	−CS_2	−纯	−乙醚,氯仿,+甲醇
I_4O_9	九氧化四碘	651.61	苍黄		~		// >75							
N_2O_4	四氧化二氮	92.01	棕			1447^{20}	−11.2	21.1 //			+N,S			+CS_2,$CHCl_3$
N_2O_5	五氧化二氮	108.01	白	正、六		1642^{18}	30	// 47	×	→HNO_3				+氯仿
P_2O_3	三氧化二磷	109.95	白	单	~	2135^{21}	23.8	175.4	→H_3PO_3	//		+CS_2	+苯	+乙醚、氯仿
P_2O_4	四氧化二磷	125.96	白	正	~	2540^{22}	> 100	180	+	//				
P_2O_5	五氧化二磷	141.94	白	三	~ 腐蚀	2387	563	↑ 359	→H_3PO_4		+S			−液氨,丙酮;+乙酸
P_4O_{10}	十氧化四磷	283.88	白	六	1.470	2280	420	↑ 359	//		+S			
SeO_2	二氧化硒	110.96	白-微红		剧毒~ 1.76	3954^{15}	↑ 337	// >1000	+		+苯	×液氨	6.7^{14}	+丙酮,1.4^{14},乙醚 1.1^{14}
SeO_3	三氧化硒	126.96	无	四		3600	118.5	// >185	++		+S′		+	−CCl_4,乙醚
$SeSO_3$	三氧化硫硒	159.02	绿	棱			−SO_2 40		// 118		+S			①
SiO	一氧化硅	44.09	白	立		2130	>1702	1880						+HF+HNO_3

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
SiO_2	方石英	60.08	无	四、立	1.487	2320	1730	2230	—	—		÷		×HF
SiO_2	焦石英	60.08	无		1.459	2200		2230	—	—		÷		×HF
SiO_2	石英水晶	60.08	无	六	1.544	2650[20]	≈1610	≈2950	—	—		÷		×HF
SiO_2	鳞石英	60.08	无	三、正	1.469	2260	1680	2230	—			÷		×HF
$SiO_2 \cdot \frac{1}{3}H_2O$	二氧化硅·$\frac{1}{3}$水	66.07	白	无			$-1/3H_2O$ 1200		÷	÷				÷NH_4OH
$SiO_2 \cdot xH_2O$	蛋白石·x水		彩虹	非		2200	1600-750	↑1750	—	—		+热		+$CaCl_2^{**}$;×HF
$2SnO_2 \cdot As_2O_5$	氧化砷合两个氧化锡	531.22	白		胶性沉淀				—		—N	//		
S_2O_3	三氧化二硫	112.14	蓝绿	晶	～	1663[20]	//70		//		+发烟S		//	//乙醚
S_2O_7	七氧化二硫	176.13		液			0	↑10	//		+S			
SO_3	三氧化硫(α)	80.06	无	棱		1923	16.8	44.6	//	//	+S			
$(SO_3)_2$	三氧化硫(β)	160.12	无	晶	丝状	1970	50	44.6	→H_2SO_4	//	+S			
TeO	一氧化碲	143.61	黑	无			//	//	—	—	+Cl,S			
TeO_2	二氧化碲	159.60	无	四	2.18	5760	732.6	1245	—	—	+Cl,N*	+		+HF;—NH_4OH
$TeO_2 \cdot \frac{1}{2}SO_3$	二氧化碲·$\frac{1}{2}$水	199.64		正		4700	//500		//		+Cl,N			
XeO_3	三氧化氙	179.30	无	晶			//40	可爆						

① 不溶于乙醚；溶于乙二酸、磷酸、碳酸、氯化亚砷；易溶于发烟硫酸。

表 5.2.1 (b) 非金属氧化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压 kPa/℃	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
二氧化硒	7446-8-4	61015	0.13(157℃)	不	※	※		※	T	6.1		
三氧化二砷	1327-53-3	61007	13.33(332.5℃)	不	※	※		※	T,G	6.1	R28;R34;R45;R50/53	S45;S53;S60;S61
三氧化硒	13768-86-0		0.17(175℃)	不	※	※		※	P,R,G,T			
五氧化二磷	1314-56-3	81063	0.13(384℃)	助	※	※		※	T,G,JS	8.1	R35	S22;S26;S45
五氧化二砷	1303-28-2	61010		不	※	※		※	S,T,G	6.1	R23/25;R45;R50/53	S45;S53;S60;S61
石棉	1332-21-4	61906	—	不	※	※	戊	※	K	6.1		

5.2.2 密　　度

表 5.2.2　二氧化硫水溶液的密度

浓度(质量分数)/%	1	2	4	6	8	10
ρ/(kg/m^3)	1004	1009	1019	1029	1039	1049

表 5.2.3　液态三氧化硫的密度　　单位：kg/m^3

温度/℃	15	20	25	30	35	40	45	50	55
ρ	1942.5	1922.8	1902.3	1881.0	1859.1	1836.6	1813.6	1790.0	1766.0
温度/℃	60	65	70	75	80	90	100	110	120
ρ	1747.7	1717.0	1692.0	1666.7	1641.0	1588.9	1535.6	1480.3	1424.4

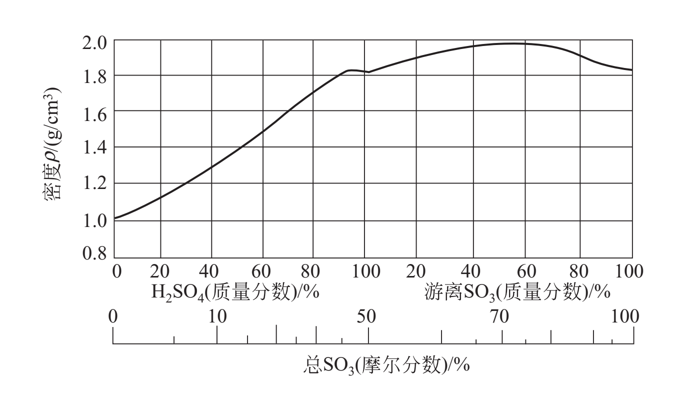


图 5.2　三氧化硫与水混合物的密度（40℃）

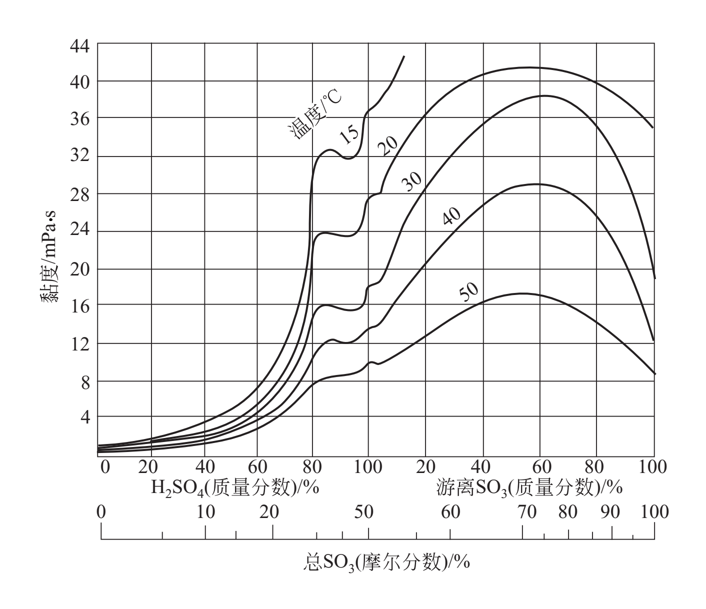


图 5.3　三氧化硫与水混合物的黏度

表 5.2.4　过氧化氢水溶液的密度（18℃）　　　　单位：kg/m^3

浓度(质量分数)/%	1	2	4	6	8	10	12	14	16
ρ	1002.2	1005.8	1013.1	1020.4	1027.7	1035.1	1042.5	1049.9	1057.4
浓度(质量分数)/%	18	20	22	24	26	28	30	35	40
ρ	1064.9	1072.5	1080.2	1088.0	1095.9	1104.0	1112.2	1132.7	1153.6
浓度(质量分数)/%	45	50	55	60	70	80	90	100	
ρ	1174.9	1196.6	1218.8	1241.6	1289.7	1340.6	1393.1	1446.5	

表 5.2.5　三氧化二砷的蒸气密度　　　　单位：g/cm^3

温度/℃	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
ρ	14.0	13.9	13.8	13.5	13.1	12.9	12.6	12.5	11.9	10.5	9.3	8.6	7.7

5.2.3　膨 胀 系 数

表 5.2.6　二氧化硅的线胀系数　　　　单位：$\times 10^{-6}$ · ℃$^{-1}$

形　态	温　　度/℃														
	−250	−200	−150	−100	−50	0	20	100	200	300	400	500	600	700	800
// c 轴	0.2	2.5	3.8	4.9	6.0	7.0	7.4	8.8	10.4	12.3	15.4	23.3	2.0	−1.5	−1.5
ˆ c 轴	0.9	5.6	8.5	10.3	11.8	13.1	13.6	15.6	17.9	20.8	26.0	39.9	4.0	−0.5	−0.6

表 5.2.7　液态三氧化硫的膨胀系数　　　　单位：$\times 10^{-6}$ · ℃$^{-1}$

温度/℃	15	20	25	30	35	40	45	50	55
β	1.822	1.896	1.964	2.030	2.097	2.166	2.231	2.299	2.369
温度/℃	60	65	70	75	80	90	100	110	120
β	2.436	2.504	2.572	2.640	2.709	2.846	2.996	3.161	3.345

5.2.4　溶　解　度

表 5.2.8　非金属氧化物在水中的溶解度

名　称		在下列温度(℃)时 100g 水中的最大溶解质量/g													
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140
As_2O_3	三氧化二砷	1.21	1.58	1.80	2.04		2.93	3.43	4.44	5.37	5.89	6.55	8.20		
As_2O_5	五氧化二砷	59.5	62.1	65.8		70.6	71.2		73.0		75.1		76.4	77.6	80.2
B_2O_3	氧化硼	1.1	1.5	2.2			4.0		6.2		9.5		15.7		
SeO_2	二氧化硒		36.4		270				455						

5.2.5　黏　　度

表 5.2.9　过氧化氢水溶液的黏度（20℃）　　　　单位：mPa · s

含量(质量分数)/%	0	10	20	40	60	80	90	100
η	1.005	1.014	1.049	1.129	1.210	1.265	1.267	1.249

表 5.2.10　三氧化硫的黏度　　单位：mPa·s

温度/℃	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
η	9.46	3.95	2.49	1.82	1.44	1.18	1.01	0.84	0.72	0.60

表 5.2.11　氧化硼的黏度　　单位：mPa·s

温度/℃	1137	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1617
η	5020	4810	4069	3426	2870	2394	1991	1656	1381	1157	973	918

5.2.6　冰点和沸点

表 5.2.12　过氧化氢的沸点和冰点　　单位：℃

液相(质量分数)/%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
气相(质量分数)/%	0	0.9	2.1	4.2	7.6	13.0	20.8	33.4	51.5	75.0	100
沸点	100	101.7	103.6	106.2	109.6	113.8	119.0	125.5	132.9	141.3	150.2
冰点	0	−6.4	−14.6	−25.7	−41.4	−52.5	−50.5	−40.3	−24.8	−11.5	−0.43

5.2.7　表　面　张　力

表 5.2.13　液态三氧化硫和三氧化磷的表面张力　　单位：mN/m

项　目	温　　度/℃								
	15	20	25	30	35	40	45	50	55
三氧化硫	35.1	33.9	32.7	31.5	30.3	29.8	29.3	28.3	27.3
三氧化磷				37.0	36.4	35.8	35.2	34.7	34.1

项　目	温　　度/℃								
	60	65	70	75	80	90	100	110	120
三氧化硫	26.3	25.3	24.3	23.3	22.2	20.0	17.8	15.6	13.4
三氧化磷	33.5	32.9	32.4	31.8	31.2	30.0	28.8	27.7	

表 5.2.14　氧化硼的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
B_2O_3	72.4	74.5	77.0	79.4	84.0	90.1	94.3	97.1

表 5.2.15　过氧化氢的表面张力　　单位：mN/m

(1)

浓度/(mol/L)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
20℃	73.38	73.53	73.68	73.84	74.01	74.20	74.40	74.62	74.84	75.39	75.78

(2)

温度/℃	浓度(质量分数)/%										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	75.65	75.99	76.54	77.21	77.85	78.42	79.10	80.29	81.48	82.46	83.30
20	72.75	72.85	73.67	74.30	74.86	75.70	76.33	77.20	78.21	79.23	80.40

5.2.8 蒸 气 压

表 5.2.16 非金属氧化物的蒸气压

名称	分子式	0.01	0.02	0.04	0.07	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压力(kPa)的温度/℃																	
二氧化硅	SiO_2										1770	1836	1896	1936	2016	2103	2175	2227	1710
二氧化硒	SeO_2	152	160	170	178	184	196	208	218	225	239	254	266	274	292				
二氧化硒	SeO_2					152.3	164.2	177.4	188.6	196.2	210.8	226.5	240.6	250.0	268.1	288.6	306	317	340
过氧化氢	H_2O_2									45	57	70	80	88	105				
三氧化二砷	As_2O_3	178	185	196	203	207.9	219.6	232.5	243.7	252.4	270.6	290.3	306	320	353	394	731	457	312.8
三氧化硫(α)	SO_3	−60	−55	−50	−45	−40.9	−35.6	−29.2	−23.3	−19.7	−12.7	−5.0	1.9	6.3	15.3	27.1	37.6	44.8	16.8
三氧化硫(β)	SO_3	−54	−50	−44	−40	−35.8	−30.8	−24.5	−18.8	−15.4	−8.5	−0.8	5.9	10.3	18.8	28.4	37.6	44.8	32.3
三氧化硫(γ)	SO_3	−35	−30	−25	−21	−16.9	−12.4	−6.8	−1.7	1.5	7.8	14.5	19.7	23.8	31.6	40.1	47.0	51.6	62.1
六氧化四磷	P_4O_6								40.5	47.3	61.2	76.7	90.3	99.9	119.4	141.0	159.8	173.1	22.5
五氧化二磷(三方)	P_2O_5					185	198	210	222	230	246	264	278	288	307				
十氧化四磷	P_4O_{10}					379	393	410	425	434	453	471	489	500	521	545	569	591	569
氧化氟	F_2O					−197.0	−194.2	−190.2	−186.4	184.3	−180.2	−175.6	−171.5	−168.7	−162.8	−155.3	−149.0	−144.6	−223.9
一氧化二氯	Cl_2O					−101	−94	−87	−80	−76	−67	−57	−49	−43	−33				
七氧化二氯	Cl_2O_7					−50	−41	−31	−24	−19	−7	5	16	23	37				
五氧化二氮	N_2O_5					−39	−34	−29	−24	−21	−15	−7	0	4	12				

名称	分子式	101.3	200	400	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000	临界值	
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													t_c/℃	p_c/MPa
三氧化硫	SO_3	44.8	60.0	76.7	92.5	103.6	123.3	137.4	148.3	157.2	166.2	174.2	187.1	197.3	218.3	8.46
四氧化二氮	N_2O_4	21.0	37.3	54.0	68.9	79.0	91.2	99.9	106.4	111.6	116.6	121.0	127.4	131.9	(158)	(10.13)

注：二氧化硒和三氧化硫的数值根据两份资料插值换算，有一定差异。

表 5.2.17　三氧化二磷的蒸气压

温度 /℃	蒸气压 /Pa	温度 /℃	蒸气压 /Pa	温度 /℃	蒸气压 /kPa	温度 /℃	蒸气压 /kPa
23.8①	228.0	70	2948	110	15.07	150	53.07
25	246.7	80	4627	120	21.33	160	69.33
50	1080	90	7053	130	29.47	170	89.06
60	1813	100	10453	140	39.87	175.4②	101.3

① 熔点。

② 沸点。

表 5.2.18　五氧化二磷（P_2O_5）的蒸气压

固体 H 型		固体 O 型		固体 O′型		液体 H 型		液体 O′型	
温度/℃	压力/kPa	温度/℃	压力/kPa	温度/℃	压力/kPa	温度/℃	压力/kPa	温度/℃	压力/kPa
250	2.27	440	1.33	480	5.20	420①	479.9	490	20.13
260	3.47	449.3	1.87	490	6.93	425	522.5	500	23.59
270	5.07	460	2.80	500	9.33	430	567.9	511.5	28.26
280	7.33	470	3.87	509	12.00	435	615.8	520	32.13
290	10.66	483	6.00	520	16.26	440	667.8	530	37.19
300	15.20	490.1	7.33	530	21.33	445	722.5	533	38.92
310	21.46	496	8.93	540	27.59	450	782.5	540	42.92
320	29.73	498	9.46	547	33.06	455	845.1	550	49.45
330	41.06	500	10.0	550	35.72	458	885.1	562	58.25
340	55.85	510.3	13.7	560	45.72	460	911.8	570	64.92
350	75.31	517	16.7	566	53.05	465	983.8	580①	73.98
356	89.71	520	18.3	570	58.39	470	1060	586	78.91
360	100.6	532	25.7	575	65.72	475	1140	593	87.31
370	133.2	540	32.1	580①	73.98	0.48	1225	600	95.31
380	174.6	546	38.0			485	1316	613.5	112.2
382	184.0	550	42.3					620	121.3
390	227.9	556	49.7					630	136.0
400	294.6	557	51.2					637.5	148.0
410	377.2	560	55.3					650	170.6
420①	479.9	562	58.3					656	182.6

① 三相点。

注：H 型固体五氧化二磷在 420℃、479.9kPa 下是三相点。这时固态五氧化二磷升华热是 22700cal/mol，1cal＝4.18J，半稳定液态 H 型五氧化二磷的蒸发潜热是 67.83kJ/mol（P_2O_5）。

O 型固态五氧化二磷三相点在 562℃、58.25kPa，其升华潜热是 152.4kJ/mol（P_2O_5）。

O′型固态五氧化二磷三相点在 580℃、73.98kPa，其升华潜热是 141.9kJ/mol（P_2O_5），稳定液态 O′型的蒸发潜热是 78.29kJ/mol（P_2O_5）。

5.2.9　比　热　容

表 5.2.19　非金属氧化物的比热容　　　　单位：kJ/(kg·K)

项　目	温　度/K													
	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
As_2O_3		0.124	0.167	0.205	0.251	0.287	0.325	0.357	0.387	0.412	0.431	0.455	0.467	0.483
As_2O_5		0.071	0.127	0.172	0.224	0.268	0.308	0.348	0.383	0.414	0.440	0.468	0.495	0.502
B_2O_3	0.090	0.132	0.220	0.301	0.375	0.446	0.514	0.576	0.637	0.695	0.749	0.801	0.855	0.851
石英玻璃	0.099	0.131	0.197	0.263	0.327	0.388	0.445	0.497	0.546	0.591	0.634	0.674	0.712	0.745
石英单晶	0.098	0.128	0.199	0.260	0.324	0.388	0.447	0.499	0.545	0.591	0.634	0.684	0.719	0.746

续表

项　目	温　　度/K												
	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	＞1600
B_2O_3*	11.08	12.69	13.99	15.12	15.37[723]	18.30	18.30	18.30	18.30	18.30	18.30	18.30	18.30
石英单晶	0.887	0.989	1.077	1.137	1.236	1.132	1.140[950]						

注：材质状态如下。

(1) As_2O_3：试件是纯度为99.8%的As_2O_3八面结晶状结构，密度为3.35g/cm^3。

(2) As_2O_5：试件为As_2O_5（＞99.7%）和As_2O_5（0.2%）的结晶聚集体，密度为4.32g/cm^3。

(3) B_2O_3：试件成分为99.7%B_2O_3，0.1%H_2O。

(4) B_2O_3*：试件成分为99.5%B_2O_3，0.06%H_2O。

(5) 石英玻璃：试件为含99.97%SiO_2的石英玻璃，在35℃下受中子辐射30天。温度为10K、20K、30K、40K时，其值别为0.001kJ/(kg·K)、0.012kJ/(kg·K)、0.037kJ/(kg·K)、0.067kJ/(kg·K)。

(6) 石英单晶：试件为α-石英，成分为99.93%SiO_2，杂质占0.07%；在22.2℃下的密度为2.64g/cm^3。

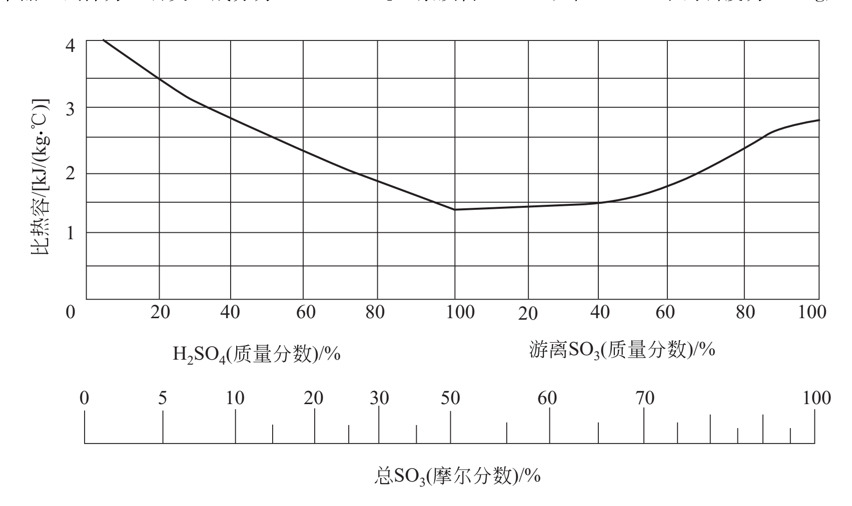


图5.4　三氧化硫与水混合物的比热容（20℃）

5.2.10　热　导　率

表5.2.20　石英和氧化硼的热导率　　　　单位：W/(m·K)

项　目	温　　度/K											
	1	3	5	6	8	10	15	20	30	40	50	60
石英玻璃①	0.024	0.080	0.118	0.124	0.126	0.127	0.136	0.153	0.202	0.266	0.340	0.410
石英单晶②	5.0	400	600	750	1210	1650	1250	720	318	179	118	85

项　目	温　　度/K											
	70	80	90	100	125	150	175	200	250	273.2	300	350
石英玻璃	0.480	0.550	0.619	0.690	0.830	0.950	1.049	1.139	1.280	1.330	1.380	1.450
石英单晶	66	54	45	39	29	23.1	19.0	16.4	12.7	11.6	10.4	8.8

项　目	温　　度/K											
	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
石英玻璃	1.510	1.570	1.620	1.750	1.920	2.170	2.480	2.870	3.359	4.000	4.820	6.200
石英单晶③	7.6	6.7	6.0	5.0	4.5	4.2						
氧化硼						1.107	1.328	1.590	1.953			

① 试件为透明的高纯度熔凝石英。

② 试件为石英单晶，热流平行于*c*轴。

③ 材料为液态，装在由两同心不锈钢管夹成的环套层中，环套间隙为1.22cm，另有一根极薄的不锈钢圆管置于环套间隙中间。试验前先经950℃加热。

5.2.11　比焓和比熵

表 5.2.21　非金属氧化物的焓　　单位：kJ/mol

项　目	一氧化碳	二氧化碳	一氧化氮	二氧化氮	一氧化二氮	四氧化二氮	五氧化二氮
25℃时理想气体标准生成焓	−110.53	−393.51	90.25	33.18	82.05	9.07928	11.2
25℃时标准燃烧焓	−283	—	−90.2489	−33.0954	−82.0482	1.98317	−11.2
常规沸点下的汽化焓	5.99813	16.3703	13.5292	38.116	16.3831	28.911	62.6656

项　目	二氧化硫	二氧化硅	二氧化氯	三氧化氮	三氧化砷	三氧化硫
25℃时理想气体标准生成焓	−296.84	−305.43	102.5	82.843	−1196.25	−395.72
25℃时标准燃烧焓	—	—	−102.5	−82.843	656.97	142.2
常规沸点下的汽化焓	25.2009	—	26.3401	58.576	55.4982	40.7093

表 5.2.22　硫在饱和线上的比焓　　单位：kJ/kg

项　目	温　度/℃									
	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
h'	147.00	158.85	170.76	182.58	194.22	205.65	216.69	227.30	237.48	247.23
h''	50.191	253.05	390.47	477.35	526.84	546.52	552.73	553.09	552.66	555.78

项　目	温　度/℃									
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	320
h'	256.63	265.77	274.70	283.51	292.22	300.83	309.36	317.73	326.02	342.47
h''	561.32	568.82	577.31	584.82	591.59	597.42	602.43	608.75	615.12	628.25

项　目	温　度/℃								
	340	360	380	400	420	444.6	500	550	600
h'	358.90	375.52	392.26	408.91	425.12	443.57	474.73	501.76	554.75
h''	642.20	657.48	673.93	691.29	709.09	730.83	775.25	820.16	894.35

表 5.2.23　硫蒸气的比焓
单位：kJ/kg

压强 /kPa	温　度/℃					
	500	600	700	800	900	1000
101.3	798	1198	2193	2456	2517	2573
400		935	1503	2326	2505	2572
700			1275	2140	2482	2568
1000				1954	2459	2568

表 5.2.24　硫蒸气的比熵
单位：kJ/(kg·℃)

压强 /kPa	温　度/℃					
	500	600	700	800	900	1000
101.3	1.638	2.062	2.657	2.805	2.868	2.911
400		1.780	2.170	2.579	2.691	2.730
700			2.014	2.428	2.592	2.633
1000			1.918	2.319	2.539	2.592

表 5.2.25　硫在饱和线上的比熵　　单位：kJ/(kg·K)

项　目	温　度/℃									
	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
s'	0.4279	0.4653	0.5002	0.5328	0.5635	0.5926	0.6203	0.6468	0.6724	0.6972
s''	1.3322	1.3310	1.3303	1.3303	1.3310	1.3323	1.3342	1.3367	1.3398	1.3435

项　目	温　度/℃									
	220	230	240	250	260	270	280	290	300	320
s'	0.7212	0.7446	0.7674	0.7896	0.8114	0.8327	0.8537	0.8745	0.8950	0.9351
s''	1.3477	1.3525	1.3578	1.3636	1.3698	1.3766	1.3837	1.3914	1.3994	1.4167

项　目	温　度/℃								
	340	360	380	400	420	444.6	500	550	600
s'	0.9734	1.0092	1.043	1.0752	1.1062	1.1426	1.2146	1.2648	1.2954
s''	1.4352	1.4547	1.4749	1.4955	1.5165	1.5428	1.6035	1.653	1.6843

表 5.2.26 非金属氧化物的绝对熵（25℃） 单位：kJ/(K·mol)

物料名	一氧化碳	二氧化碳	一氧化氮	二氧化氮	一氧化二氮	四氧化二氮	五氧化二氮
绝对熵	197.556	213.677	210.6	239.92	219.85	304.28	346

物料名	二氧化硫	二氧化硅	二氧化氯	三氧化氮	三氧化砷	三氧化硫
绝对熵	248.1	228.867	256.84	308.45	409.2	256.51

5.2.12 熔融热和汽化热

表 5.2.27 非金属氧化物的熔融热和汽化热 单位：kJ/mol

分子式	r_m	r_b	分子式	r_m	r_b	分子式	r_m	r_b
$As_4O_6$①	33.50	59.9	H_2O_2	12.22	44.09	$(SiCl_3)_2O$		36.9
$As_4O_6$②	66.40	34.4	NO	2.30	13.8	$(SiH_3)_2O$		22.4
B_2O_3	23.03	(293.1)	N_2O	6.54	16.6	$SiO_2$⑤	14.24	
CO	0.84	6.05	N_2O_3		39.4	$SiO_2$⑥	8.80	
CO_2	7.96	16.2③	N_2O_4	14.65	38.2	$SiO_2$⑦	9.00	
C_3O_2	5.40	24.8	N_2O_5		62.3④	SO_2	7.41	25.0
ClO		26.3	PbO	11.72	213.5	$SO_2$⑧	9.50	56.3④
ClO_2		27.3	P_4O_6	14.07	43.5	$SO_2$⑨	13.44	58.2④
ClO_3	51.50	39.8	P_4O_{10}	27.22	67.8	SO_2⑩	25.54	66.6④
ClO_7		34.7	SeO_2		94.5	T_3O_2	247.0	216.5

①单斜晶；②正交晶；③升华热 25.25kJ/mol（CO_2 额外增加的数据）；④升华热；⑤石英；⑥方石英；⑦鳞石英；⑧熔点 17℃；⑨熔点 30.5℃；⑩熔点 62.2℃。

表 5.2.28 非金属氧化物的熔化热 单位：kJ/kmol

物料名	一氧化碳	二氧化碳	二氧化硫	二氧化硅	三氧化砷	三氧化硫
熔化热	840.98	9019	7401	7699	24300	7532000

物料名	一氧化氮	二氧化氮	一氧化二氮	四氧化二氮	五氧化二氮
熔化热	2301000	14650	6539	14650	34640000

表 5.2.29 非金属氧化物的汽化热

（1）三氧化二磷 单位：kJ/mol P_2O_3

温度/℃	汽化热	温度/℃	汽化热	温度/℃	汽化热	温度/℃	汽化热
23.8①	48.02	70	45.76	110	43.54	150	41.03
25	47.98	80	45.22	120	42.91	160	40.40
50	46.77	90	44.67	130	42.29	170	39.73
60	46.26	100	44.09	140	41.70	175.4②	39.36

① 熔点。

② 沸点。

（2）液态三氧化硫 单位：kJ/kg

温度/℃	10	15	20	25	30	35	40
R	536	532	528	523	515	511	502
温度/℃	45	50	60	70	80	90	100
R	498	494	482	452	448	448	440

5.2.13　其他物性

表5.2.30　非金属氧化物的三相点参数

项　目	物料名						
	一氧化碳	二氧化碳	一氧化氮	二氧化氮	一氧化二氮	四氧化二氮	五氧化二氮
三相点温度/K	68.15	216.58	109.5	261.9	182.3	261.9	314.15
三相点压力/kPa	15.4	518.672	21.89	18.7283	87.85	18.5587	—

项　目	物料名					
	二氧化硫	二氧化硅	二氧化氯	三氧化氮	三氧化砷	三氧化硫
三相点温度/K	197.67	1696	213.55	170	551	289.95
三相点压力/kPa	1.67439	0.0198044	1.25443	0.0151767	4.13145	21.13

表5.2.31　非金属氧化物的临界值和偏心值

项　目	T_c/K	p_c/MPa	V_c/(cm^3/mol)	ρ_c/(kg/m^3)	Z_c	ω
SO_3	491.0	8.211	130	633	0.26	0.41
H_2O_2	732.2	21.68				

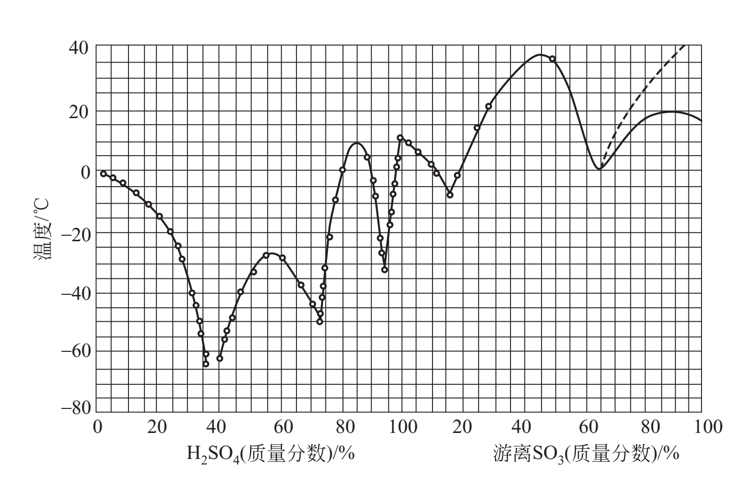


图5.5　三氧化硫与水混合物系的结晶温度

表5.2.32　非金属氧化物的临界参数

项　目	物料名					
	一氧化碳	二氧化碳	一氧化氮	二氧化氮	一氧化二氮	四氧化二氮
临界温度/K	132.92	304.21	180.15	431.15	309.57	431.15
临界压力/Pa	3499	7383	6480	10132	7245	10132
临界体积/(L/mol)	0.0944	0.094	0.058	0.0825	0.0974	0.0825
临界压缩因子	0.299	0.274	0.251	0.233	0.274	0.233

项　目	物料名					
	二氧化硫	二氧化硅	二氧化氯	三氧化氮	三氧化砷	三氧化硫
临界温度/K	430.75	3780	465	425	1200	490.85
临界压力/Pa	7884	3160	8613	6990	4000	8210
临界体积/(L/mol)	0.122	0.163	—	0.195	—	0.127
临界压缩因子	0.269	0.0164	—	0.386	—	0.255

表 5.2.33 非金属氧化物的偏心因子

物料名	一氧化碳	二氧化碳	一氧化氮	二氧化氮	一氧化二氮	四氧化二氮
偏心因子	0.0481621	0.223621	0.582944	0.851088	0.140894	0.853274
物料名	二氧化硫	二氧化氯	三氧化氮	三氧化砷	三氧化硫	
偏心因子	0.245381	0.356377	0.431227	0.0611162	0.42396	

表 5.2.34 非金属氧化物的介电常数

名　称	介电常数	名　称	介电常数	名　称	介电常数
二氧化硫(−20℃)	17.6	三氧化硫(17.8℃)	3.1	过氧化氢	84.2^0
二氧化硫(0℃)	15.36	三氧化硫(21.1℃)	3.6	过氧化氢 35%	121.0
二氧化硅	4.5	四氧化二氮(0℃)	1.6	过氧化氢 100%	70.7
硅砂	2.5～3.5	四氧化二氮(14.4℃)	2.5		

附：一些非金属材料的介电常数如下。

名　称	介电常数	名　称	介电常数	名　称	介电常数
白云石	6.8～8.0	石英(20℃)	4.49	玻璃	3.7～10
石灰	2.2～2.5	石棉	3.0～4.8	玻璃(硅)	3.8
熟石灰	2.0～3.5	石膏(20℃)	6.3	云母	6.9～9.2

5.2.14 金属氧化物的质量指标

表 5.2.35 工业过氧化氢的质量指标（GB 1616—2003）

项　目		指　标					
		27.5%		30%	35%	50%	70%
		优等品	合格品				
过氧化氢(强制)(质量分数)/%	≥	27.5	27.5	30.0	35.0	50.0	70.0
游离酸(以 H_2SO_4 计)(强制)(质量分数)/%	≤	0.040	0.050	0.040	0.040	0.040	0.050
不挥发物(强制)(质量分数)/%	≤	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.12
稳定度(强制)(质量分数)/%	≥	97.0	90.0	97.0	97.0	97.0	97.0
总碳(以 C 计)(质量分数)/%	≤	0.030	0.040	0.025	0.025	0.035	0.050
硝酸盐(以 NO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.020	0.020	0.020	0.020	0.025	0.030

用途：化工合成。塑料制品的引发剂、发泡剂、增塑剂、过氧化物系列产品的主要原料等。

表 5.2.36 食用过氧化氢的质量指标（GB 22216—2008）

项　目		指　标		
		30%	35%	50%
过氧化氢(质量分数)/%	≥	30.0	35.0	50.0
稳定度(质量分数)/%	≥	98.0	98.0	98.0
不挥发物(质量分数)/%	≤	0.0060	0.0060	0.0080
酸度(以 H_2SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	0.02
磷酸盐(以 PO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.0050	0.0050	0.0070
锡(Sn)(质量分数)/%	≤	0.0010		
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.00005		
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0004		
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001		
总有机碳(TOC)(质量分数)/%	≤	0.0080	0.0080	0.0100
性状		无色透明液体，略带刺激性气味		

表 5.2.37 试剂用30%过氧化氢的质量指标（GB/T 6684—2002）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
30%过氧化氢(H_2O_2)(质量分数)/%	≥	30.0	30.0	30.0
蒸发残渣(质量分数)/%	≤	0.0025	0.005	0.01
酸度(以 H^+ 计)/(mmol/100g)	≤	0.06	0.1	0.2
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.00005	0.0001	0.0005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0003	0.0015
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0004	0.001	0.0025
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0003	0.0015
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00005	0.00005	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.00001	0.00002	0.0005
镍(Ni)(质量分数)/%	≤	0.000002	—	—
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.000002	0.00001	0.0001
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.000002	0.00002	0.0001
外观		无色透明液体	无色透明液体	无色透明液体

表 5.2.38 稳定性二氧化氯溶液的质量指标（GB/T 20783—2006）

项目		指标	
		Ⅰ类	Ⅱ类
二氧化氯(ClO_2)(质量分数)/%	≥	2.0	2.0
密度(20℃)/(g/cm^3)		1.020～1.060	1.020～1.060
pH 值		8.2～9.2	8.2～9.3
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0003
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.02
外观		无色或淡黄色透明液体	

注：采用二氧化氯溶液加速试验法（54℃恒温烘箱内 14d 测稳定性），其二氧化氯含量的下降率≤10%。

表 5.2.39 稳定性二氧化氯水溶液的质量指标（HG 3669—2000）

项目		指标	项目		指标
有效二氧化氯(ClO_2)/%	≥	2.0	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003
密度(20℃)/(g/cm^3)		1.020～1.060	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.002
pH 值		8.2～9.2	甲醇/(g/100mL)		0.04
外观:白色或微黄透明液体					

用途：在食品饮料、医院和医药工业中有广泛应用。用于循环水系统，能杀灭水中的微生物、原虫和藻类，并能清除水中的亚硝酸根。也用于珍珠、对虾养殖业。可用于餐具、汽车消毒、冰箱除臭消毒。

表 5.2.40 水处理用稳定性二氧化氯的质量指标（SH 2604—2003）

项目		指标	项目		指标
总磷酸盐(以 P_2O_5 计)含量(质量分数)/%	≥	68.0	pH 值(1.0%水溶液)	≤	5.8～7.3
非活性磷酸盐(以 P_2O_5 计)含量(质量分数)/%	≥	7.2	溶解性		合格
水不溶物含量(质量分数)/%	≤	0.05	平均聚合度 n		10～16
铁(Fe)含量(质量分数)/%	≤	0.05	外观		白色细粒状物

表 5.2.41 液体二氧化硫的质量指标（GB/T 3637—1993）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
二氧化硫(SO_2)(质量分数)/%	≥	99.97	99.90	99.60
残渣(质量分数)/%	≤	0.010	0.040	0.20
水分(质量分数)/%	≤	0.020	0.060	0.20
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.000004	—	—
外观		无色或略带微黄的透明液体		

注：对以硫黄为原料直接生产的液体二氧化硫应检测砷。在生产正常情况下，每季度检测一次。

用途：用作有机溶剂及冷冻剂，并用于精制各种润滑油。

表 5.2.42 液体三氧化硫的质量指标（GB/T 23855—2009）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
三氧化硫(SO_3)(质量分数)/%	≥	99.7	99.5	99.0
二氧化硫(SO_2)(质量分数)/%	≤	0.20	0.40	—
灰分(质量分数)/%	≤	0.05	0.40	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.020	0.030	—
外观		无色透明液体	无色透明或微棕色的液体	—

注：“—”表示该类别产品的技术要求中没有此项目。

表 5.2.43 沉淀二氧化硅的质量指标（GB 10517—89，HG/T 3061—1999）

项目	指标	项目	指标
二氧化硅/%	≥90	pH 值	5.0～8.0
颜色	优于/等于标样	总含铜量/(mg/kg)	≤30
筛余物(45μm)/%	≤0.5	总含铁量/(mg/kg)	≤1000
加热减量/%	4.0～8.0	总含锰量/(mg/kg)	≤50
灼烧减量/%	≤7.0	DBP 吸油值(邻苯二甲酸二丁酯吸收值)/(cm^3/g)	2.00～3.50
DBP 吸收值/(cm^3/g)	2.00～3.50		

注：颜色比较的标样由供需双方共同商定。

用途：可作为天然橡胶及人造橡胶浅色制品的填充剂，乳胶塑料皮革的脱膜和成型剂；电线电缆的绝缘性能改良剂；涂料油墨的增稠剂；用于涂料提高其耐高温性能。

表 5.2.44 食用二氧化硅的质量指标（HG 2791—1996）

项目		指标		
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
二氧化硅(灼烧后)(质量分数)/%	≥	99.3	99.0	96.0
干燥减量(质量分数)/%	≤	2.5	70	5
灼烧减量(质量分数)/%	≤	2.0	8.5	8.5
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.003	0.003	0.003
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.001
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.0003	0.0003
可溶性解离盐(以 Na_2SO_4 计)(质量分数)/%	≤	—	1	4
外观		乳白色均匀粉末		

表 5.2.45 牙膏用二氧化硅的质量指标（QB/T 2346—2007）

项目		要求		
		摩擦型系列	综合型系列	增稠型系列
pH 值(5%水分散体)		6.5～8.5	6.5～8.6	5.5～7.5
筛下物(320 目)/%	≥	98	98	98
105℃挥发物/%	≤	10	10	10
干剂灼烧失重(900℃)/%	≤	8.3	8.3	8.3
总盐(Na_2SO_4＋NaCl 计)/%	≤	2.0	2.0	2.0
白度(WG)/%	≥	96	96	96
吸水量/(mL/20g)		15～20	30～42	54～60
二氧化硅含量/%	≥	96	96	96
铁含量/(mg/kg)	≤	350	350	350
折射率		1.435～1.460	—	1.435～1.460
透光率	≥	90	—	95
硫化物		无	无	无
吸油值		90～120	150～210	245～290
表观密度/(g/mL)		≥0.3	0.2 0.3	≤0.2
重金属/(mg/kg)	≤	15	15	15
砷/(mg/kg)	≤	2	2	2
菌落总数/(CFU/g)	≤	100	100	100
霉菌与酵母菌总数/(CFU/g)	≤	100	100	100
粪大肠菌群/g		不应检出		
铜绿假单胞菌/g		不应检出		
金黄色葡萄球菌/g		不应检出		
外观		白色粉末、无结粒、目测无杂质		

表 5.2.46 食用二氧化硅的质量指标（GB 25576—2010）

项目		指标		
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
二氧化硅(灼烧后)(质量分数)/%	≥	99.3	99.0	96.0
干燥减量(质量分数)/%	≤	2.5	70	5
灼烧减量(以干基计)(质量分数)/%	≤	2.0	8.5	8.5
铅(Pb)/(mg/kg)	≤	5	5	5
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	30	30	30
砷(As)/(mg/kg)	≤	3	3	3
可溶性解离盐(质量分数)/%	≤	—	1	4
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	30	30	30
砷(As)/(mg/kg)	≤	3	3	3
可溶性解离盐(质量分数)/%	≤	—	1	4
外观		白色均匀粉末	白色或无色透明无定型颗粒	白色或无色透明均匀粉末或颗粒

表 5.2.47 三氧化二砷的质量指标（GB 26721—2011） 单位：%(质量分数)

项目			指标		
			As_2O_3-1	As_2O_3-2	As_2O_3-3
主含量 As_2O_3		≥	99.5	98.0	95.0
杂质含量	铜(Cu)	≤	0.005	—	—
	锌(Zn)	≤	0.001	—	—
	铁(Fe)	≤	0.00	—	—
	铅(Pb)	≤	0.001	—	—
	铋(Bi)	≤	0.001	—	—

注：表中未列出的元素的要求，由供需双方商定。

表 5.2.48 试剂用三氧化二砷的质量指标（GB/T 673—2006）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
三氧化二砷(As_2O_3)(质量分数)/%	≥	99.8	99.5	99.0
澄清度试验(HG/T3484)	≤	1号	3号	4号
氨水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.04
灼烧残渣(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	0.05
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
硫化物(S)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.0002
硒(Se)(质量分数)/%	≤	0.0005	—	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
银(Ag)(质量分数)/%	≤	0.001	—	—
锑(Sb)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.05
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
外观		白色无定形结晶粉末		

表 5.2.49 工作基准试剂三氧化二砷的质量指标（GB 1256—2008）

项目		工作基准	项目		工作基准
含量(AS_2O_3)(质量分数)/%		99.95～100.05	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	2号	铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0005
灼烧减量(质量分数)/%	≤	0.02	锑(Sb)(质量分数)/%	≤	0.005
氯化物(Cl)	≤	0.002	铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0005
硫化物(S)	≤	0.0001	外观		白色无定形结晶粉末

表 5.2.50 试剂用五氧化二磷的质量指标（GB/T 2305—2000）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
含量(P_2O_5)(质量分数)/%	≥	98.0	98.0	重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	4号	—	还原物质(以P_2O_3计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	外观		白色无定形粉末	
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01				

第 6 章　氢化物和氢氧化物

目　　录

6.1 氢　化　物

6.1.1 物 性 总 览

表 6.1.1　氢化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgH	氢化银	108.89	褐				>500(氢中)		//					+乙醚
AlH_3	氢化铝	30.00	白	六			// 105		×		+// Cl		×	$-CS_2$、醚
As_2H_2	二氢化二砷	151.85	棕	丝或粉			200	//	−			+浓	−	
BaH_2	氢化钡	139.36	灰	晶	可燃	4120	675	1400	//		// Cl			
BeH_2	氢化铍	11.03	白	晶					//					−乙醚、苯
BiH_3	氢化铋	212.00			很不稳定			22	被水吸收					
CaH_2	氢化钙	42.10	白	斜		1700	// 675	空气中燃烧	//		//;+浓		×甲,乙	$-CS_2$,有机溶剂
$Ca(SH)_2 \cdot 6H_2O$	氢硫化钙·6水	214.31	无	棱			// 15		++				+	
CeH_3	氢化铈	143.14	蓝黑	无定形粉末	质脆									
CsH	氢化铯	133.92	白	晶		3410			//		//			
CuH	氢化亚铜	64.55	红棕	晶粉		6380	// 60	55～60	−	−		+稀		
CuH_2	氢化铜	65.55									+Cl;//Cl′			
Cu_2H_2	一氢化铜	129.10	红棕			6390	// 60		−		// Cl			
Ga_2H_6	氢化镓	145.49	无	液			−21.4	139						
KBH_4	硼氢化钾	53.94	白	立	1.494	1178	// 500		19.3^{20}	++			0.25	−乙醚;+甲醇 0.56
KH	氢化钾	40.11	白	立	1.453	1470	// 400(真空)		//				×	−乙醚,苯;CS_2
KSH	氢硫化钾	72.16	黄	斜	～	690	455		+	+//			+	
$LiAlH_4$	氢化铝锂	37.95	白-灰白	晶粉	强腐蚀	917	// >120		//					+乙醚 30、四氢呋喃等有机溶剂
$LiBH_4$	硼氢化锂	21.78	白	斜		666	// 279		+				//	+乙醚 2.5
LiD	氘化锂	8.955	白	固	面心立方晶	8826								
$LiGaH_4$	氢化镓锂	80.69	白	晶					//					+醚
LiH	氢化锂	7.95	白或带蓝灰		立刺激　≈	820	680	850//	−		÷	−苯、甲苯	×	÷÷乙醚;×液氨
$LiSH$	氢硫化锂	40.01	白	粉	≈				+				+	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$NaAlH_4$	氢化铝钠	53.989	白	晶		1200						－乙醚，＋＋四氢呋喃和乙二醇、二甲醚		
N_2H_4	联氨	3205	无	油	氨臭毒 1.464^{35}	1004^{25}	2	113-5	∞		＋氨		∞	－乙醚，氯仿；＋胺
$NaBH_4$	硼氢化钠	37.83	白	立	1.542	1074	400 //		55^{25}	＋＋		16.4(甲醇)	4	－乙醚；＋吡啶
NaH	氢化钠	24.00	银白	针	1.470	920	800	// 850	着火爆炸		//	－液氨		①
NaH	氢化钠	24.00	无	立		1380	// 800		//	//		×液氨	×	②
NaSH	氢硫化钠	56.06	无	斜方或白晶			350		＋＋				＋	
$NaSH \cdot 2H_2O$	氢硫化钠·2水	92.10	无	针	～		//		＋	＋	//		＋	
$NaSH \cdot 3H_2O$	氢硫化钠·3水	110.11		正			22	//	＋	＋	//		＋	
NbH	一氢化铌	93.92	灰	粉		6000～6600	//				－			＋HF
NH_4SH	氢硫化铵	51.11	白	斜	1.74	1170	118^{15M}	88.4^{19M}	128.1	//			÷	＋液氨-醚、苯
$N_2H_4 \cdot H_2O$	联氨·1水	50.06	无	液	极毒 1.428^{20}	1030^{21}	−51.7	$118^{98.6}$	∞				∞	－乙醚，氯仿
$PbCO_3 \cdot 12Pb(OH)_2$	氢化白铅	387.83	白	六		6140	// 400		－	－	＋乙酸			÷含水 CO_2
Pd_2H	氢化钯	213.81		类似银色金属		10760								
RbH	一氢化铷	86.48	无	立		2600	// 300		×		//			
Si_3H_8	八氢化三硅	92.24	无	液		743^{0}	−117	53	//					
Si_4H_{10}	十氢化四硅	122.32	无	液		790	−93.5	80	//					
SrH_2	氢化锶	89.64	白	晶		3270			×					
TiH_2	氢化钛	49.92	灰-灰黑	粉		3900^{12}	400//							
ZnH_2	氢化锌	67.4	白	固					×					
ZrH_2	氢化锆	93.24	灰黑	粉		5470					＋浓	＋FH		

① 不溶于 CS_2、CCl_4、有机溶剂；易溶于熔融金属。

② 不溶于 CS_2、CCl_4 和有机溶剂；溶于熔融钠。

表 6.1.2　氢化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
四氢化铝锂	16853-85-3	43022	—	易	—	—	甲	—	G,T,JS,JP	4.3	R11;R14/15;R34	S16;S26;S33;S36/37/39;S43B;S45;S6A;S7/8
氢化钠	7647-69-7	43017	—	易	—	—	甲	—	JP,G,T ,JS	4.3		
氢化钾	7693-26-7	43018	—	易	—	—	甲	—	JP,G,T,JS	4.3	R11;R14/15;R34	S16;S26;S36/37/39;S43A;S45;S7/8
氢化锂	7580-67-8	43016	—	易	—	—	甲	—	JP,G,T,JS	4.3	R14/15;R25;R34	S25;S36/37/39;S45;S7/8

6.1.2 密　　度

表 6.1.3　气态联氨的密度

温度/℃	90	95	100	110	120	131
压强/kPa	35.33	36.40	36.93	38.26	38.26	39.20
密度/(g/m^3)	365	365	365	365	365	952

表 6.1.4　液态联氨的饱和密度

温度/℃	20	40	60	80	100	120	140	160	180
ρ/(g/cm^3)	1.007	0.988	0.970	0.951	0.931	0.911	0.890	0.868	0.846
温度/℃	200	220	240	260	280	300	320	340	360
ρ/(g/cm^3)	0.822	0.797	0.771	0.743	0.713	0.679	0.641	0.595	0.534

表 6.1.5　联氨和氯化联氨水溶液的密度　　单位：g/cm^3

名　　称	浓度(质量分数)/%								
	1	2	4	6	8	10	12	14	16
N_2H_4(15℃)	1.000	1.001	1.003	1.006	1.008	1.010	1.012	1.014	1.016
$N_2H_4\cdot 2HCl$(20℃)	1.003	1.007	1.016	1.025	1.033	1.042	1.051	1.060	1.068
名　　称	浓度(质量分数)/%								
	18	20	22	24	26	30	35	40	45
N_2H_4(15℃)	1.019	1.021	1.023	1.025	1.097	1.030	1.035	1.038	1.042
$N_2H_4\cdot 2HCl$(20℃)	1.077								

名　　称	浓度(质量分数)/%							
	50	55	60	65	70	80	90	100
N_2H_4(15℃)	1.044	1.046	1.047	1.047	1.046	1.040	1.030	1.011

表 6.1.6　一水合联氨水溶液的密度　　单位：g/cm^3

温度/℃	N_2H_4(摩尔分数)/%								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
0	0.9999	1.0022	1.0051	1.0080	1.0110	1.0140	1.0169	1.0198	1.0228
25	0.9971	0.9995	1.0020	1.0040	1.0065	1.0088	1.0112	1.0130	1.0147
50	0.9881	0.9900	0.9928	0.9945	0.9960	0.9979	0.9993	1.0006	1.0019

温度/℃	N_2H_4(摩尔分数)/%							
	18	20	22	24	26	28	30	32
0	1.0256	1.0285	1.0306	1.0327	1.0348	1.0368	1.0388	1.0408
25	1.0162	1.0180	1.0197	1.0211	1.0225	1.0237	1.0247	1.0256
50	1.0030	1.0043	1.0056	1.0068	1.0079	1.0089	1.0100	1.0109
温度/℃	N_2H_4(摩尔分数)/%							
	34	36	38	40	45	50	55	60
0	1.0423	1.0436	1.0445	1.0454	1.0469	1.0479	1.0482	1.0479
25	1.0265	1.0277	1.0284	1.0293	1.0308	1.0320	1.0325	1.0315
50	1.0115	1.0120	1.0124	1.0128	1.0134	1.0137	1.0134	1.0126
温度/℃	N_2H_4(摩尔分数)/%							
	65	70	75	80	85	90	95	100
0	1.0469	1.0454	1.0426	1.0383	1.0344	1.0306	1.0266	1.0231
25	1.0293	1.0262	1.0222	1.0185	1.0142	1.0096	1.0057	1.0024
50	1.0113	1.0080	1.0048	0.9994	0.9920	0.9892	0.9843	0.9801

6.1.3 黏　　度

表 6.1.7　气态联氨的黏度　　　　单位：μPa·s

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
η	8.762	10.17	11.57	12.96	14.35	15.73	17.11	18.48	19.87	21.21	22.5	23.74	24.94	26.10	27.23

表 6.1.8　液态联氨的黏度　　　　单位：mPa·s

温度/℃	0	1	2	3	5	10	15	20	25	40	60	80	100	120
η	1.314	1.293	1.272	1.251	1.207	1.118	1.044	0.974	0.905	0.746	0.592	0.482	0.402	0.341
温度/℃	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	
η	0.294	0.257	0.227	0.203	0.183	0.215	0.189	0.164	0.141	0.120	0.100	0.083	0.067	

6.1.4 表面张力和等张比容

表 6.1.9　联氨的表面张力

温度/℃	20	40	60	80	100	120	140	160	180
σ/(mN/m)	67.24	62.78	58.37	54.02	49.73	45.50	41.33	37.24	33.21
温度/℃	200	220	240	260	280	300	320	340	360
σ/(mN/m)	29.27	25.41	21.65	17.99	14.46	11.06	7.831	4.814	2.095

表 6.1.10　一水合联氨的表面张力和等张比容

项　目	浓度(摩尔分数)/%						
	0	5	10	15	20	25	30
等张比容	52.60	54.43	56.41	58.20	60.01	61.94	63.88
表面张力/(mN/m)	71.96	73.64	73.67	74.23	75.04	75.39	75.40
项　目	浓度(摩尔分数)/%						
	40	50	60	70	80	90	100
等张比容	67.67	71.40	75.59	78.93	83.19	87.54	91.25
表面张力/(mN/m)	75.29	74.42	73.48	71.86	70.42	69.12	63.42

6.1.5 溶　解　度

表 6.1.11　一水合联氨和氢氧化钠水溶液的互溶度

相别	温度/℃	浓度(质量分数)/%			相别	温度/℃	浓度(质量分数)/%			相别	温度/℃	浓度(质量分数)/%		
		N_2H_4	NaOH	H_2O			N_2H_4	NaOH	H_2O			N_2H_4	NaOH	H_2O
高相	100	92.7	2.4	5.0	低相	100	5.7	70.3	24.0	褶点	100	45.9	27.9	26.0
	90	92.2	2.0	6.0		90	5.9	69.3	25.0		90	45.6	28.2	26.0
	70	90.9	3.2	6.0		70	6.7	67.6	25.5		70	45.4	28.5	26.0
	60	77.5	9.3	13.0		60	19.0	51.4	29.5		60	45.5	29.6	25.0

表 6.1.12　一些溶质在联氨中的溶解度　　单位：g/mL

溶质	$BaCl_2$	$CaCl_2$	$CdBr_2$	CdI_2	$CrCl_3$	$CuCl_2$	FeS	H_3BO_3	HgI_2	KBr
S	0.31	0.16	0.40	0.84	0.13	0.05	0.09	0.55	0.69	0.60
溶质	KCl	KIO_3	KNO_3	K_2SO_4	LiCl	$MnCl_2$	$NaBrO_3$	NaCl	$NaClO_3$	$NaNO_3$
S	0.09	1.75	0.14	0.05	0.16	0.13	0.37	0.08	0.66	0.64
溶质	$NiCl_2$	HNBr	NH_4Cl	NH_4NO_3	$(NH_4)_2C_2O_4$	PbF_2	$Pb(NO_3)_2$	S	$SrCl_2$	$ZnCl_2$
S	0.08	1.10	0.75	0.78	0.44	0.06	0.52	0.54	0.08	0.08

6.1.6　冰点和沸点

表 6.1.13　联氨水溶液的沸点

压强/kPa	液体	气体	沸点/℃	压强/kPa	液体	气体	沸点/℃	压强/kPa	液体	气体	沸点/℃
	(摩尔分数)/%				(摩尔分数)/%				(摩尔分数)/%		
	9.4	0.18	102.2		42.9	30.3	118.6				120.5
	14.2		104.6	102.39	45.2	34.9	119.2		58.5	58.5	119.9
		1.6	105.9		50.3	41.7	119.8		62.5	72.0	119.5
		2.7	107.4		51.8	44.6	120.2		65.8	75.5	119.3
100.72	19.5	3.9	109.2		53.3	48.8	120.4	102.80	68.3	83.7	118.8
		6.2	111.0	102.76	54.8	52.5	120.5				
	34.0	13.8	115.0		56.0	53.0	120.5				
	41.7	25.0	118.0								

表 6.1.14　联氨水溶液的冰点　　单位：℃

质量分数/%	4	6	8	10	12	14	16	18
摩尔分数/%	2.80	3.45	4.68	5.90	7.10	8.41	9.66	10.9
t_i	−3.1	−4.2	−5.6	−7.5	−9.7	−12.2	−15.2	−18.4
质量分数/%	20	22	24	26	28	30	32	34
摩尔分数/%	12.3	13.7	15.1	16.6	18.1	19.5	21.0	22.5
t_i	−22.1	−26.0	−33.1	−39.6	−46.0	−68.0	−72.4	−75.1
质量分数/%	36	38	40	42	44	46	48	50
摩尔分数/%	24.0	25.4	27.0	28.7	30.6	32.3	34.2	36.1
t_i	−75.2	−71.5	−68.0	−65.2	−62.5	−60.3	−58.4	−56.9
质量分数/%	55	60	62	64	66	68	70	72
摩尔分数/%	40.8	46.0	47.0	50.0	52.2	54.4	56.6	79.1
t_i	−54.0	−52.3	−47.0	−50.0	−53.0	51.8	−47.3	−41.2
质量分数/%	74	76	78	80	82	84	86	88
摩尔分数/%	61.6	64.1	66.7	69.2	72.6	76.0	85.1	87.8
t_i	−35.6	−29.6	−25.0	−21.7	−18.7	−15.9	−13.4	−10.8

质量分数/%	90	92	94	96	98	99	96.6
摩尔分数/%	89.2	91.3	93.0	95.1	97.4	98.2	99.3
t_i	−8.7	−6.5	−4.4	−2.3	−0.4	0.2	1.6

6.1.7 蒸 气 压

表 6.1.15 联氨的蒸气压

单位：kPa

温度/℃	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
p	1.404	4.509	12.32	29.52	63.61	125.5	230.2	396.3	645.5	1003	1497	2157	3016	4111	5479	7166	9223	11713

表 6.1.16 其他氢化物的蒸气压（≤101.3kPa）

名　　称	分子式	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													/℃
氢化锗	GeH_4	−164.3	−160.5	−155.4	−150.7	−147.9	−142.2	−135.4	−128.8	−124.4	−116.0	−105.3	−95.6	−88.9	−165
二氢硼化铍	$Be(BH_4)_2$	−1.6	5.2	13.2	20.3	24.5	32.7	41.7	49.4	54.2	63.7	74.8	83.9	90.0	123
四氢化锡	SnH_4	−141.7	−136.9	−130.9	−125.4	−121.7	−114.7	−106.6	−99.0	−93.9	−83.6	−71.0	−59.9	−52.3	−149.9
硒化氢	H_2Se	−116.6	−112.8	−107.8	−103.1	−100.4	−94.8	−88.2	−82.2	−78.1	−69.9	−58.9	−48.5	−41.1	−64
碲化氢①	H_2Te	−98.1	−93.4	−87.4	−82.0	−78.5	−71.5	−63.3	−56.0	−50.7	−38.9	−24.0	−11.0	−2.0	−49
砷化三氢	AsH_3	−143.9	−140.1	−135.1	−130.5	−127.4	−121.1	−113.9	−107.1	−102.3	−92.7	−80.7	−69.8	−62.1	−116.3
三氢化磷	PH_3	−160	−156	−152	−148	−145	−140	−133	−126.9	−122.8	−114.3	−103.4	−93.9	−87.5	−132.5
甲硅烷	SiH_4	−180.4	−177.1	−172.6	−168.3	−165.5	−159.9	−153.6	−148.1	−144.3	−136.3	−126.5	−117.7	−111.5	−185
丙硅烷	Si_3H_8	−71.5	−64.6	−56.4	−49.1	−44.2	−34.1	−22.5	−12.1	−4.9	10.1	27.7	42.8	53.1	−117.2
丙锗烷	Ge_3H_8	−40.4	−31.3	−21.0	−12.1	−6.0	6.0	19.7	32.0	40.4	58.1	79.1	97.8	110.8	−105.6
乙硅烷	Si_2H_6	−116.8	−111.4	−104.8	−98.8	−94.9	−86.8	−77.5	−69.0	−63.0	−51.0	−36.0	−23.0	−14.3	−132.6
乙锗烷	Ge_2H_6	−91.3	−84.4	−76.4	−69.2	−64.3	−54.6	−43.7	−33.7	−26.7	−12.2	5.3	20.8	31.5	−109
锗烷	GeH_4	−166	−161	−155	−151	−147	−141	−135	−128	−124	−115				
丁硅烷	Si_4H_{10}	−30.7	−22.8	−13.6	−5.6	−0.3	10.5	22.6	33.4	41.0	56.0	73.7	89.3	100.0	−93.6
二氢乙硼烷	B_2H_6	−160.7	−157.6	−153.3	−149.2	−146.7	−141.4	−135.1	−129.1	−124.9	−116.2	−104.9	−94.2	−86.5	−169
二氢十硼烷	$B_{10}H_{14}$	57.1	64.7	73.6	81.4	86.1	95.4	109.6	123.9	133.6	153.9	—	—	—	99.6
二氢戊硼烷	B_5H_9	—	—	—	−39.8	−34.9	−24.9	−13.6	−3.4	3.5	17.4	33.6	47.9	58.1	−47.0
四氢丁硼烷	B_4H_{10}	−93.3	−86.9	−79.3	−72.6	−68.1	−59.2	−49.3	−40.2	−33.8	−20.9	−5.8	7.1	16.1	−119.9
四氢戊硼烷	B_5H_{11}	−53.0	−45.6	−36.9	−29.3	−24.2	−14.1	−2.8	7.2	14.0	27.7	43.9	57.7	67.0	
联氨	N_2H_4					13	25	37	48	55	71				

① 蒸气压为 0.01kPa、0.02kPa、0.04kPa 和 0.07kPa 时，其值分别为−115℃、−112℃、−107℃和−103℃。

6.1.8 比 热 容

表 6.1.17 气态联氨的比热容

单位：J/(mol·K)

温度/K	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	47.73	53.30	58.36	62.89	66.95	70.59	73.86	76.79	79.42	81.85	84.07	86.12	88.09	89.97	91.86	93.74

表 6.1.18　液态联氨的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/℃	20	40	60	80	100	120	140	160
c_p	110.2	111.1	112.1	113.3	114.7	116.1	117.7	119.5
温度/℃	180	200	220	240	260	280	300	320
c_p	121.5	123.8	126.4	129.6	133.6	139.0	146.7	159.1

表 6.1.19　固态联氨的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/℃	−270	−240	−210	−180	−150	−120	−90	−60	−30
c_p	0.92	5.98	18.99	28.96	36.51	42.66	48.12	53.31	58.61

表 6.1.20　氢化锂的比热容　　单位：J/(kg·K)

(1) 99.8%LiH

温度/K	10	15	20	25	30	35	40	45
c_p	1.111	3.633	7.028	11.11	21.08	35.05	51.80	73.55
温度/K	50	60	70	80	90	100	120	140
c_p	104.4	198.6	321.7	471.2	637.0	805.1	1146	1478
温度/K	160	180	200	220	240	260	280	300
c_p	1786	2085	2359	2627	2893	3118	3328	3548

(2) 氦气中

温度/K	400	450	500	550	600	650
c_p	44.19	47.18	50.18	53.19	56.21	59.20

温度/K	700	750	800	850	900
c_p	62.19	65.22	68.25	71.27	74.21

6.1.9　热　导　率

表 6.1.21　气态联氨的热导率　　单位：mW/(m·K)

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650
λ	12.34	16.28	20.63	25.48	30.75	36.48	42.68	48.95

温度/K	700	750	800	850	900	950	1000
λ	56.07	63.60	71.13	79.50	87.86	96.65	106.3

表 6.1.22　液态联氨的热导率和汽化热

项　目	温　度/℃								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
热导率/[mW/(m·℃)]	319.2	313.0	307.9	303.3	299.2	295.0	291.6	288.3	284.9
汽化热/(J/mol)	49048	48311	47482	46561	45544	44426	43212	41889	40449

续表

项目	温度/℃								
	200	220	240	260	280	300	320	340	360
热导率/[mW/(m·℃)]	282.0	279.1	277.0	275.3	274.9				
汽化热/(J/mol)	38887	37183	35320	33272	30995	28428	25452	21834	16944

表 6.1.23　氢化锂的热导率　　单位：W/(m·K)

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
λ	10.50	10.34	10.04	9.070	7.720	6.840	6.087	5.572	5.280	5.124	5.027

注：样品装在 ϕ=150mm、L=900mm、t=0.8mm 的不锈钢筒中，充以氦气。

6.1.10　其他物性

表 6.1.24　氢化物的临界值

项目	物料名						
	四氢化锗	磷化氢	硅烷	乙硅烷	乙硼烷	四氢化锗	硒化氢
分子式	GeH_4	PH_3	SiH_4	Si_2H_6	B_2H_6	GeH_4	H_2Se
临界温度/K	308	324.75	269.7	432	289.8	308	411.15
临界压力/kPa	5550	6540	4840	5130	4053	5550	8920
临界体积/(L/mol)	0.14	0.113	0.1327	0.223	0.1731	0.14	0.12
临界压缩因子	0.303	0.274	0.286	0.319	0.2948	0.303	0.313

表 6.1.25　氢化物的三相点

项目	物料名						
	四氢化锗	磷化氢	硅烷	乙硅烷	乙硼烷	四氢化锗	硒化氢
三相点温度/K	107.26	139.37	88.48	140.65	107.65	107.26	207.45
三相点压力/Pa	41.8176	3535.66	19.6443	15.5949	76.53	41.8176	27400

表 6.1.26　氢化物的偏心因子

物料名	四氢化锗	磷化氢	硅烷	乙硅烷	乙硼烷	四氢化锗	硒化氢
偏心因子	0.150569	0.0451587	0.0937548	0.0939476	0.125373	0.150569	0.0542229

表 6.1.27　氢化物的熔化热

物料名	四氢化锗	磷化氢	硅烷	乙硼烷	四氢化锗	硒化氢
熔化热/(kJ/kmol)	835.54	1130	667.3	4473.11	835.54	2514

表 6.1.28　氢化物 25℃ 时的焓和熵

项目	物料名						
	四氢化锗	磷化氢	硅烷	乙硅烷	乙硼烷	四氢化锗	硒化氢
理想气体标准生成焓/(kJ/mol)	90.8	22.886	34.31	80.3	35.6	90.8	29.7
标准燃烧焓/(kJ/mol)	—	−1260	−1427	−2620	−2000	—	—
物质的绝对熵/[kJ/(K·kmol)]	217.12	210.12	204.56	272.66	232	217.12	218.91

6.2 氢 氧 化 物

6.2.1 物 性 总 览

表 6.2.1 氢氧化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Al(OH)_3$	氢氧化铝	77.99	白	单	无味	2420	$-2H_2O$ 300		0.0001[16]	—	×	×	—	
$AsO(OH)_3$	氢氧化氧砷	141.95	白	非	团状		100	// 180	+					
$Au(OH)_3$	氢氧化金	247.98	暗褐	粉			→Au_2O_3 150		÷÷		×	×		×NaCN
$Ba(OH)_2$	氢氧化钡	171.35	白	单		4495	408	// >1000	表 6.2.20					÷丙酮
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	氢氧化钡·8水	315.50	白	单	毒 1.502	2188[16]	77.9	$-8H_2O$ 550	5.6[15]	94.7[78]		—丙酮	÷÷	—乙醚;++NH_4Cl
$Be(OH)_2$	氢氧化铍	43.03	白	无、晶		1920	// 138		0.0002	—	×	×		×$(NH_4)_2CO_3$
$Bi(OH)_3$	氢氧化铋	260.00	白	非、粉		4360	$-H_2O$ 100	$-1.5H_2O$ 400	0.00014		+浓	÷÷浓		+甘油
$Ca(OH)_2$	氢氧化钙	74.10	白	粉、块	1.574	2248	$-H_2O$ 580	2850//	表 6.2.20		×		÷÷	+ NH_4Cl
$Cd(OH)_2$	氢氧化镉	146.43	白	三、六粉、团		4790	// 300		0.00026[25]		+	—氢氧化碱;+NH_4OH		+铵盐溶液
$Ce(OH)_4$	氢氧化铈	208.15	白至淡黄	粉					—		+浓	—		+碳酸铵溶液
$Co(OH)_2$	氢氧化钴	92.94	玫瑰红	单斜晶、粉		3600[15]	1150//		0.00032		+	—		+乙酸,铵盐溶液
$Co(OH)_3$	氢氧化高钴	109.96	黑	非、粉		4460	$-H_2O$ 100		—		+	$-NH_4OH$	—	
$Co_2O_3 \cdot 3H_2O$	氢氧化高钴·3水	219.91	黑褐	粉		4460	//	$-H_2O$ 100	0.00032		+		—	
$Cr(OH)_3$	氢氧化铬	103.03	绿、蓝	浆			//		—		+	+		÷液氨
$Cr(OH)_3 \cdot 2H_2O$	氢氧化铬·2水	139.07	绿				$-2H_2O$ 100		—	—	+	+		
$CsOH$	氢氧化铯	149.91	白灰	晶	~	3680	272	↑约 400	385[15]	305[30]			++	
$Cu(OH)_2$	氢氧化铜	97.59	天蓝	胶或粉		3368	$-H_2O$ //		—	//	++	+	+	①
$CuOH$	氢氧化亚铜	80.58	黄			3400	$-\frac{1}{2}H_2O$ 360		—	—	+	+NH_4OH		
$Dy(OH)_3$	氢氧化镝	213.52	白	六			$-H_2O$ 210	// 310			+			
$Fe(OH)_2$	氢氧化亚铁	89.86	微绿	三,无		3400	//150~200		0.00067		×	—		+NH_4Cl
$Fe(OH)_3$	氢氧化铁	106.87	红棕	粉或块		3400~3900	$-\frac{3}{2}H_2O$ 500		—		×	$-NH_4OH$(×热浓)	—	—乙醚和盐类溶液

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
FeO(OH)	氢氧化铁	88.85	棕黑	斜	2.394	4280	$-H_2O$ 136		−	−	+Cl		−	−乙醚
$Ge(OH)_2$	氢氧化锗	106.61	黄		易氧化		$-H_2O$ 650							$+HClO_4$
$In(OH)_2$	氢氧化铟	165.84	白	立			$-H_2O$ 150		−		×	÷		$-NH_4OH$
$Ir(OH)_4$	四氢氧化铱	260.24	蓝黑								+	−		
KOH	氢氧化钾	56.11	白	立、斜	~	2120	380	1320	表 6.2.20				++甲,乙	−液氨;++乙醚
LiOH	氢氧化锂	23.95	白	晶	强碱性	1460	462	925 //	表 6.2.20				÷	
$LiOH \cdot H_2O$	氢氧化锂·1水	41.96	无	单		1830		//	表 6.2.20				÷	
$Mg(OH)_2$	氢氧化镁	58.32	白	六、粉	1.562	约 2400	$-H_2O$ 350		表 6.2.20		××		−	②
$Mn(OH)_2$	氢氧化亚锰	88.95	白	三	1.723	3258[13]	//		0.002	÷÷	+	−		+铵盐溶液
$Mn(OH)_3$	三氢氧化锰	105.97	暗棕	非、粉					−		+Cl,N*			+热浓硫酸
$Mn_2O_3 \cdot H_2O$	氢氧化锰·1水	175.88	棕	正	2.240	3258	//		−		+S*			
MnO(OH)	氢氧化锰	87.94	棕黑	正	2.24	4300	//		−		+Cl,S*			
$Mo(OH)_3$	氢氧化钼	146.98	黑	粉			//				÷S,Cl	−		
NaOH	氢氧化钠	40.00	白	粉	≈	2130	320	1378	表 6.2.20			++甘油	++甲,乙	−乙醚,丙酮
$NaOH \cdot 3\frac{1}{2}H_2O$	氢氧化钠·$3\frac{1}{2}$水	103.06		单			15.5		+	++				
NH_4OH	氢氧化铵	35.05	无	仅存溶液中			−77		+					
$Ni(OH)_2$	氢氧化镍	92.72	蓝绿	晶或无	强碱性	4150	// 230		0.013		+			$+NH_4OH$
$Ni(OH)_2 \cdot \frac{1}{4}H_2O$	氢氧化镍·$\frac{1}{4}$水	97.21	微绿			4360	//		÷÷	÷÷	+	−		$+NH_4OH$
$Ni(OH)_3$	氢氧化高镍	109.71	绿黑	晶			//		÷÷	−	+	÷÷		$+NH_4Cl,NH_4OH$
$Pb(OH)_2$	氢氧化铅	241.22	白	无			// 145		0.016[20]	÷	+	+		−乙酸
$Pb_2O(OH)_2$	氢氧化铅	464.41	白	立	毒	7592	// 145		0.014	÷	+N	+		+乙酸
$PbO \cdot \frac{1}{3}H_2O$	氢氧化铅·$\frac{1}{3}$水	229.22	白	晶、粉		7592	$-H_2O$145		0.014		+	+	$+NH_4Cl^*$	$-NH_4OH$,丙酮
$Pd(OH)_4$	四氢氧化钯	174.45	深红				// 200							
$Pt(OH)_2$	二氢氧化铂	229.25	黑				//		−	−	+Cl	+		+HBr
$Pt(OH)_2 \cdot 2H_2O$	二氢氧化铂·2水	265.28	黄				$-2H_2O$ 100		−	−	+	+		
$Pt(OH)_4$	四氢氧化铂	263.26	红褐	针			$-\frac{1}{2}H_2O$ 110		−	÷÷	+Cl′;//S′	+熔化		+王水

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
RbOH	氢氧化铷	102.48	无	斜	~	3203^{11}	301		表6.2.20			+		
$Rh(OH)_3$	三氢氧化铑	153.93	黑黄	胶			//		—		++			
$Rh(OH)_4$	四氢氧化铑	170.94	绿				//		—		+Cl			
$SbO(OH)_3$	氢氧化氧锑	188.78	白	粉					÷÷		÷÷N			
$Sn(OH)_2$	氢氧化亚锡	152.72	黄	无			//		0.0002^{25}	//	+	+		$-NH_4OH$
$Sn(OH)_2 \cdot SnO$	氢氧化亚锡合氧化亚锡	287.40	白,黄白	非、粉					—		+	—		$-NH_4OH$
$Sn(OH)_4$	氢氧化锡	186.73	白	非、粉							++	+		$÷NH_4OH$
$Sr(OH)_2$	氢氧化锶	121.63	无	晶(白,粉)	~	3625	375	// >400	表6.2.20		×		+甲	—丙酮;$+NH_4Cl$
$Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O$	氢氧化锶·8水	265.75	无	四	1.499	1900	$-7H_2O$ 干空气中	$-8H_2O$ 100	表6.2.20		×		+甲	—丙酮;$+NH_4Cl$
$Th(OH)_4$	氢氧化钍	300.15	白	粉或胶			//		—	—	+	—	$-NH_4OH$	$-H_2C_2O_4$、HF
$Tl(OH)_3$	氢氧化铊	255.39	红棕	六			>340		—		×	—		
$TlO(OH)$	氢氧氧化铊	237.40	红棕	晶			$-H_2O$ 115		—		+	—		+铵盐溶液
TlOH	氢氧化亚铊	221.38	亮黄	针			// 139		表6.2.20				+	
$Y(OH)_3$	氢氧化钇	133.93	亮黄	无、六			// >200		—	—	×	—		×热 NH_4Cl
$Zn(OH)_2$	氢氧化锌	99.40	白	正		3053	// 125		0.00052^{18}		+	+		$+NH_4Cl,NH_4OH$
$Zr(OH)_4$	氢氧化锆(α)	159.25	白	无定形粉		3250	$-2H_2O$ 550		0.02	—	+	—	—	$-NH_4OH$
$ZrI(OH)_3 \cdot 3H_2O$	一碘三氢氧化锆·3水	323.21		无					+++				+	

① 溶于 NH_4OH、铵盐、KCN、$Na_2S_2O_3$溶液。

② 溶于铵盐溶液；易溶于氯化铵溶液。

表 6.2.2 氢氧化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
氢氧化钙	1305-62-0			不	※	※		※	K		R41	S26;S39
氢氧化钠	1310-73-2	82001	0.13(739℃)	不	※	※	丁	※	W,T	8.2	R35	S24/25;S37/39;S45
氢氧化钡	12230-71-6	61021	—	不	※	※	—	※	K	6.1	R20/22;R34	S26;S36/37/39;S45
氢氧化钾	1310-58-3	82002	0.13(719℃)	不	※	※	丁	※	W,T	8.2	R22;R35	S26;S36/37/39;S45
氢氧化铍	13327-32-7	61025	—	不	※	※	—	※	K	6.1		
氢氧化铵	1336-21-6	82503	1.59(20℃)	可	—	—	乙	16.0/25.0	W,T,R	8.2	R34;R50	S26;S36/37/39;S45;S61

6.2.2　密　　度

表 6.2.3　氢氧化钾溶液的密度和浓度（Ⅰ）

密度 ρ_{20} /(g/cm³)	浓度 (质量分数) /%	浓度 /(mol/L)	密度 ρ_{20} /(g/cm³)	浓度 (质量分数) /%	浓度 /(mol/L)
1.00	0.197	0.035	1.27	28.29	6.40
1.01	1.295	0.233	1.28	29.25	6.67
1.02	2.38	0.434	1.29	30.21	6.95
1.03	3.48	0.640	1.30	31.15	7.22
1.04	4.58	0.848	1.31	32.09	7.49
1.05	5.66	1.06	1.32	33.03	7.77
1.06	6.74	1.27	1.33	33.97	8.05
1.07	7.82	1.49	1.34	34.90	8.34
1.08	8.89	1.71	1.35	35.82	8.62
1.09	9.96	1.94	1.36	36.74	8.91
1.10	11.03	2.16	1.37	37.65	9.19
1.11	12.08	2.39	1.38	38.56	9.48
1.12	13.14	2.62	1.39	39.46	9.78
1.13	14.19	2.86	1.40	40.37	10.07
1.14	15.22	3.09	1.41	41.26	10.37
1.15	16.26	3.33	1.42	42.16	10.67
1.16	17.29	3.58	1.43	43.04	10.97
1.17	18.32	3.82	1.44	43.92	11.28
1.18	19.35	4.07	1.45	44.79	11.58
1.19	20.37	4.32	1.46	45.66	11.88
1.20	21.38	4.57	1.47	46.53	12.19
1.21	22.38	4.83	1.48	47.39	12.50
1.22	23.38	5.08	1.49	48.25	12.82
1.23	24.37	5.34	1.50	49.10	13.13
1.24	25.36	5.60	1.51	49.95	13.45
1.25	26.34	5.87	1.52	50.80	13.76
1.26	27.32	6.14	1.53	51.64	14.08

表 6.2.4　氢氧化钾溶液的浓度和密度（Ⅱ）

浓度 (质量分数) /%	浓度 /(g/L)	密度 ρ_{15} /(kg/m³)
1	10.1	1008.3
2	20.4	1017.5
4	41.4	1035.9
6	63.3	1054.4
8	85.8	1073.0
10	109.2	1091.8
12	133.3	1110.8
14	158.2	1129.9
16	197.0	1149.3
18	210.4	1168.8
20	237.7	1188.4
22	265.8	1208.3
24	294.8	1228.5
26	324.7	1248.9
28	355.5	1269.5
30	387.2	1290.5
32	419.7	1311.7
34	453.3	1333.1
36	487.8	1354.9
38	523.2	1376.9
40	559.6	1399.1
42	597.0	1421.5
44	635.5	1444.3
46	675.0	1467.3
48	715.5	1490.7
50	757.2	1514.3
52	799.9	1538.2

表 6.2.5　氢氧化钾水溶液的密度　　单位：g/cm³

波美度 /°Bé	浓度 /%	浓度 /(g/L)	密度 /(g/cm³)	波美度 /°Bé	浓度 /%	浓度 /(g/L)	密度 /(g/cm³)	波美度 /°Bé	浓度 /%	浓度 /(g/L)	密度 /(g/cm³)
1	0.9	9	1.007	20	18.6	216	1.162	39	36.9	506	1.370
2	1.7	17	1.014	21	19.5	228	1.171	40	37.8	522	1.383
3	2.6	26	1.022	22	20.5	242	1.180	41	38.9	543	1.397
4	3.5	36	1.029	23	21.4	255	1.190	42	39.9	563	1.410
5	4.5	46	1.037	24	22.4	269	1.200	43	40.9	582	1.424
6	5.6	58	1.045	25	23.3	282	1.210	44	42.1	605	1.438
7	6.4	67	1.052	26	24.2	295	1.220	45	43.4	631	1.453
8	7.4	78	1.060	27	25.1	309	1.231	46	44.6	655	1.468
9	8.2	88	1.067	28	26.1	324	1.241	47	45.8	679	1.483
10	9.2	99	1.075	29	27.0	338	1.252	48	47.1	706	1.498
11	10.1	109	1.083	30	28.0	353	1.263	49	48.3	731	1.514
12	10.9	119	1.091	31	28.9	368	1.274	50	49.4	756	1.530
13	12.0	132	1.100	32	29.8	385	1.285	51	50.6	779	1.546
14	12.9	143	1.108	33	30.7	398	1.297	52	51.9	811	1.563
15	13.8	153	1.116	34	31.8	416	1.308	53	53.2	840	1.580
16	14.8	167	1.125	35	32.7	432	1.320	54	54.5	870	1.597
17	15.7	178	1.134	36	33.7	449	1.332	55	55.9	902	1.615
18	16.5	188	1.142	37	34.9	469	1.345	56	57.5	940	1.634
19	17.6	203	1.152	38	35.9	487	1.357				

表 6.2.6　氢氧化钠溶液的密度和浓度（Ⅰ）

密度 ρ_{20} /(kg/m³)	浓度		密度 ρ_{20} /(kg/m³)	浓度	
	(质量分数)/%	/(mol/L)		(质量分数)/%	/(mol/L)
1000	0.159	0.040	1270	24.65	7.824
1010	1.045	0.264	1280	25.56	8.178
1020	1.94	0.494	1290	26.48	8.539
1030	2.84	0.731	1300	27.41	8.906
1040	3.75	0.971	1310	28.33	9.278
1050	4.66	1.222	1320	29.26	9.656
1060	5.56	1.474	1330	30.20	10.04
1070	6.47	1.731	1340	31.14	10.43
1080	7.38	1.992	1350	32.10	10.83
1090	8.28	2.257	1360	33.06	11.24
1100	9.19	2.527	1370	34.03	11.65
1110	10.10	2.802	1380	35.01	12.08
1120	11.01	3.082	1390	36.00	12.51
1130	11.92	3.367	1400	36.99	12.95
1140	12.83	3.655	1410	37.99	13.39
1150	13.73	3.947	1420	38.99	13.84
1160	14.64	4.244	1430	40.00	14.30
1170	15.54	4.545	1440	41.03	14.77
1180	16.44	4.850	1450	42.07	15.25
1190	17.35	5.160	1460	43.12	15.74
1200	18.26	5.476	1470	44.17	16.23
1210	19.16	5.796	1480	45.22	16.73
1220	20.07	6.122	1490	46.27	17.23
1230	20.98	6.451	1500	47.33	17.75
1240	21.90	6.788	1510	48.38	18.26
1250	22.82	7.129	1520	49.44	18.78
1260	23.73	7.475	1530	50.50	19.31

表 6.2.7　氢氧化钠溶液的浓度和密度（Ⅱ）

浓度		密度 ρ_{15} /(kg/m³)
(质量分数)/%	/(g/L)	
1	10.1	1009.5
2	20.4	1020.7
4	41.7	1042.8
6	63.9	1064.8
8	87.0	1086.9
10	110.9	1108.9
12	135.7	1130.9
14	161.4	1153.0
16	188.0	1175.1
18	215.5	1197.2
20	243.8	1219.1
22	273.0	1241.1
24	303.1	1262.9
26	334.0	1284.8
28	365.8	1306.4
30	398.4	1327.9
32	431.7	1349.0
34	465.7	1369.6
36	500.4	1390.0
38	535.8	1410.1
40	572.0	1430.0
42	608.7	1449.4
44	646.1	1468.5
46	684.2	1487.3
48	723.1	1506.5
50	762.7	1525.3

表 6.2.8　氢氧化钠溶液的浓度和密度（Ⅲ）　　单位：g/cm³

氢氧化钠(质量分数)/%	温度/℃								
	0	10	15	18	20	30	50	70	100
1	1.0124	1.0115	1.0106	1.0100	1.0095	1.0069	0.9990	0.9884	0.9693
2	1.0244	1.0230	1.02200	1.0213	1.0207	1.0177	1.0095	0.9989	0.9797
3	1.0364	1.0342	1.0332	1.0324	1.0318	1.0285	1.0201	1.0094	0.9903
4	1.0482	1.0451	1.0444	1.0435	1.0428	1.0393	1.0305	1.0198	1.0009
5	1.0598	1.0570	1.0555	1.0545	1.0538	1.0501	1.0412	1.0302	1.0115
6	1.0713	1.0684	1.0667	1.0656	1.0648	1.0609	1.0517	1.0407	1.0220
7	1.0828	1.0795	1.0778	1.0766	1.0758	1.0717	1.0623	1.0513	1.0326
8	1.0943	1.0915	1.0877	1.0877	1.0863	1.0826	1.0730	1.0619	1.0432
9	1.1057	1.1002	1.0987	1.0987	1.0979	1.0934	1.0830	1.0725	1.0537
10	1.1171	1.1186	1.1098	1.1098	1.1089	1.043	1.0942	1.0831	1.0643
20	1.2296	1.2240	1.1319	1.2199	1.2191	1.2136	1.2020	1.1898	1.1700
30	1.3400	1.3340	1.3290	1.3290	1.3279	1.3217	1.3090	1.2995	1.3755
40	1.4435	1.4367	1.4314	1.4314	1.4300	1.4232	1.4095	1.3598	1.3750
50	1.5400	1.5326	1.5268	1.5268	1.5253	1.5181	1.5038	1.4807	1.4690

表 6.2.9 氢氧化钙水溶液的密度

(1) CaO 浓度为变量

CaO /(g/L)	CaO /%	$Ca(OH)_2$ /%	密度 ρ_{20}^{20}	CaO /(g/L)	CaO /%	$Ca(OH)_2$ /%	密度 ρ_{20}^{20}
10	0.99	1.31	1.0085	160	14.30	18.90	1.1185
20	1.96	2.59	1.017	170	15.10	19.95	1.1255
30	2.93	3.87	1.0245	180	15.89	21.00	1.1325
40	3.88	5.13	1.0315	190	16.67	22.03	1.140
50	4.81	6.36	1.039	200	17.43	23.03	1.1475
60	5.74	7.58	1.046	210	18.19	24.04	1.1545
70	6.65	8.79	1.0535	220	18.94	25.03	1.1615
80	7.54	9.96	1.0605	230	19.68	26.01	1.1685
90	8.43	11.14	1.0675	240	20.41	26.96	1.176
100	9.30	12.29	1.075	250	21.12	27.91	1.1835
110	10.16	13.43	1.0825	260	21.84	28.86	1.1905
120	11.01	14.55	1.0895	270	22.55	29.80	1.1975
130	11.86	15.67	1.0965	280	23.24	30.71	1.205
140	12.68	16.76	1.104	290	23.92	31.61	1.2125
150	13.50	17.84	1.111	300	24.60	32.51	1.2195

(2) 密度为变量　　单位：%

项目	密度 ρ_{20}^{20}/(g/cm³)										
	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11
CaO	1.15	2.33	3.68	4.94	6.23	7.48	8.73	9.87	11.07	12.25	13.37
$Ca(OH)_2$	1.52	3.08	4.87	6.53	8.23	9.87	11.53	13.04	14.63	16.19	17.67
项目	密度 ρ_{20}^{20}/(g/cm³)										
	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22
CaO	14.50	15.53	16.67	17.70	18.78	19.83	20.78	21.79	22.79	23.69	24.65
$Ca(OH)_2$	19.12	20.63	22.03	23.39	24.82	26.21	27.46	28.79	30.11	31.30	32.58

表 6.2.10 其他氢氧化物水溶液的浓度和密度　　单位：kg/m³

名称	温度 /℃	浓度(质量分数)/%										
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
LiOH	20	1010	1022	1044	1065	1086	1107					
NaOH	15	1010	1021	1044	1066	1088	1110	1132	1154	1176	1198	1220
NH_2OH	20	1000	1002	1006	1011	1015	1019	1024	1028	1032	1037	1041
$NH_2OH \cdot HCl$	17	1005	1008	1017	1025	1034	1044					

名称	温度 /℃	浓度(质量分数)/%									
		22	24	26	28	30	35	40	45	50	55
NaOH	15	1253	1264	1286	1308	1329	1381	1431	1479	1518^{49}	
NH_2OH	20	1045	1050	1055	1059	1064	1076	1088	1100	1112	1125

6.2.3 黏　　度

表 6.2.11　熔融氢氧化钾、氢氧化钠的动力黏度

单位：mPa·s

名　称	温度/℃					
	350	400	450	500	550	600
KOH		2.3	1.7	1.3	1.0	0.8
NaOH	4.0	2.8	2.2		1.5	

表 6.2.12　氢氧化钾、氢氧化钠溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

项　目	浓度/(mol/L)			
	1.0	0.5	0.25	0.125
KOH	1.1294	1.0637	1.0313	1.0310
NaOH	1.2355	1.1087	1.0560	1.0302

表 6.2.13　氢氧化钾溶液的黏度

单位：mPa·s

浓度/(mol/L)	温度/℃		
	18	25	60
0.1	1.009	1.013	1.013
0.25	1.024	1.031	1.032
0.5	1.050	1.064	1.065
1.0	1.106	1.128	1.134
2.0	1.230	1.268	1.275
4.0	1.541		
7.5	2.325		

表 6.2.14　氢氧化钠水溶液的动力黏度

单位：mPa·s

浓度/%	温度/℃		
	20	30	40
5	1.30	1.05	0.85
10	1.86	1.45	1.16
15	2.78	2.10	1.65
20	4.48	3.30	2.48
25	7.42	5.25	3.86

表 6.2.15　氢氧化钠溶液的运动黏度　　单位：$\times 10^{-3} m^2/h$

氢氧化钠浓度(质量分数)/%	温　　度/℃										
	60	70	80	90	100	110	130	150	170	190	200
0	1.725	1.494	1.321	1.171	1.030	0.966	0.814	0.727	0.652	0.598	0.570
5	2.400	2.043	1.855	1.745	1.656	1.570	1.440	1.350	1.300	1.260	1.250
10	3.007	2.540	2.340	2.265	2.200	2.130	2.010	1.950	1.900	1.860	1.840
15	4.000	3.446	3.140	2.978	2.900	2.820	2.670	2.600	2.560	2.520	2.500
20	4.910	4.265	3.865	3.640	3.540	3.450	3.320	3.250	3.210	3.170	3.150
30	9.400	7.365	6.040	5.440	5.140	4.960	4.750	4.590	4.490	4.400	4.300
40	13.96	11.49	9.350	7.900	7.120	6.560	6.110	5.850	5.680	5.550	5.500
50	19.30	15.97	13.44	11.60	9.140	8.880	8.150	7.700	7.400	7.220	7.150
60	29.40	23.00	17.20	14.50	12.60	11.26	10.03	9.58	9.29	9.050	8.950
70	42.07	34.00	26.00	19.00	15.40	13.80	12.15	11.60	11.25	11.00	10.90

6.2.4 表 面 张 力

表 6.2.16　氢氧化物溶液的表面张力　　单位：mN/m

（1）t=18℃

名　称	浓　　度/(mol/L)													
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4	5	7	10	15	20	34
KOH	73.9	74.8	75.7	76.6	77.5	78.4	79.3	80.2						
NH_4OH	71.8	70.8	69.9	69.2	68.5	67.9	67.4	66.9	66.0	64.6	63.0	61.1	59.7	57.1
NaOH	74.4	75.1	75.9	76.8	77.7	78.7	79.8	80.9	83.2	87.8	94.1	101^{14}		

（2）t=18℃ 单位：mN/m

名 称	浓 度(质量分数)/%												
	2	5	10	14	18	22	26	30	36	40	45	50	55
NH_4OH	71.45	69.95	67.59	65.74	65.12	64.41	63.75	62.78	60.68	59.71	58.55	57.59	56.92
NaOH	74.01	75.50	78.33	81.02	84.15	87.68	91.52	95.50	101.14				
KOH	73.16	74.72	76.52	77.95	80.02								

（3）t=50～200℃ 单位：mN/m

浓度(质量分数)/%	温 度/℃										
	50	60	70	80	90	100	130	150	170	190	200
0	67.91	66.18	64.42	62.61	60.75	58.85					
5	71.00	69.50	67.98	66.64	65.26	53.60	59.62	56.88	54.13	51.39	50.01
10	74.56	73.53	72.48	71.62	70.48	69.29	66.69	64.72	62.76	60.80	59.82
15	78.60	77.80	76.74	75.89	74.99	74.04	71.59	69.92	68.16	66.49	65.70
20	83.82	83.02	82.19	81.58	80.68	79.73	77.28	75.71	74.14	72.57	71.78
30	94.27	93.93	93.56	93.44	93.02	95.49	91.50	90.91	90.32	89.73	89.44
40	105.38	105.13	104.83	104.77	104.65	104.41	103.75	103.36	102.97	102.58	102.38
50	118.07	126.70	126.51	126.31	126.11	125.92	125.33	124.94	124.54	124.15	123.96
70	137.88	137.69	137.49	137.29	137.10	136.90	136.31	135.92	135.53	135.14	134.94

6.2.5 沸点和凝固点

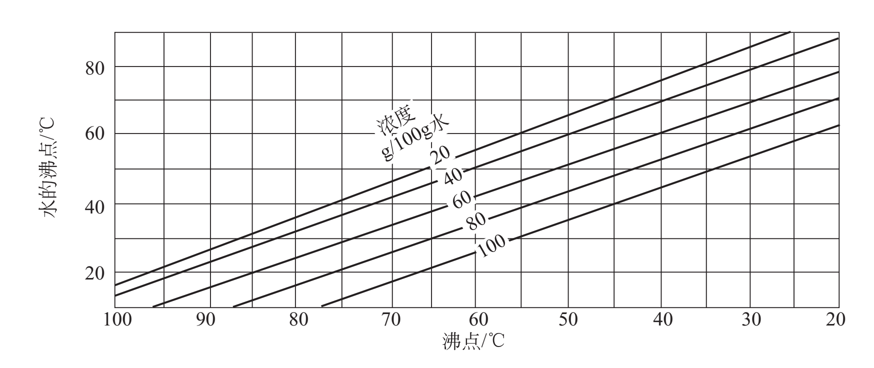


图 6.1 氢氧化钾水溶液的沸点

表 6.2.17 氢氧化物水溶液的沸点

（1）浓度为变量 单位：℃

名 称	溶 液 浓 度/(g/100g 水)							
	25	50	75	100	500	1000	1500	3000
KOH	106.0	116.5	129.0	145.0	312.0			
NaOH	108.1	119.5	132.5	142.5	217.4	250.0	264.1	285.3

（2）温度为变量 单位：℃

溶液名称	101	102	103	104	105	107	110	115	120	125
	相应于上列沸点(℃)的溶液浓度(质量分数)/%									
KOH	4.49	8.51	11.97	14.82	17.01	20.88	25.65	31.97	36.51	40.23
NaOH	4.12	7.40	10.15	12.51	14.53	18.32	23.08	26.21	33.77	37.58

续表

溶液名称	140	160	180	200	220	240	260	250	300
	相应于上列沸点(℃)的溶液浓度(质量分数)/%								
KOH	48.05	54.89	60.41	64.91	68.73	72.46	75.76	78.95	81.63
NaOH	48.32	60.13	69.97	77.53	84.03	88.89	93.02	95.92	98.47

表 6.2.18 氢氧化钠的水溶液的沸点

(1) 沸点为自变量

浓度		沸点 /℃	浓度		沸点 /℃	浓度		沸点 /℃
(质量分数)/%	/(g/100g 水)		(质量分数)/%	/(g/100g 水)		(质量分数)/%	/(g/100g 水)	
0	0	100	67.5	208.3	175	90.9	1000.8	250
14.5	17.0	105	69.7	230.0	180	91.9	1043.0	255
23.1	30.0	110	71.9	254.5	185	93.0	1333.0	260
29.1	40.0	115	73.7	281.7	190	93.9	1534.0	265
33.8	51.0	120	75.8	312.3	195	94.6	1739.0	270
37.5	60.1	125	77.5	345.0	200	95.2	2000.0	275
41.2	70.1	130	79.1	380.9	205	95.9	2353.0	280
44.8	81.1	135	80.0	425.5	210	96.6	2857.0	285
48.3	93.5	140	82.6	475.5	215	97.3	3571.0	290
51.5	106.5	145	84.0	526.2	220	97.9	4651.0	295
54.7	120.4	150	85.3	583.3	225	98.5	6452.0	300
57.3	134.5	155	86.6	645.2	230	99.0	10526.0	305
60.0	150.8	160	87.8	714.3	235	99.5	22222.0	310
63.2	168.8	165	88.9	800.0	240	100.0	—	314
65.1	187.0	170	89.9	888.8	245			

(2) 浓度为自变量

浓度(质量分数)/%	沸点 /℃	浓度(质量分数)/%	沸点 /℃	浓度(质量分数)/%	沸点 /℃	浓度(质量分数)/%	沸点 /℃	浓度(质量分数)/%	沸点 /℃
0	100.0	20	107.7	40	128.0	60	162.0	80	217.5
2	100.5	22	109.0	42	131.0	62	165.5	82	228.5
4	101.0	24	111.0	44	134.0	64	169.2	84	241.0
6	102.0	26	112.8	46	137.7	66	173.0	86	255.0
8	102.5	28	114.5	48	140.5	68	177.0	88	270.0
10	103.0	30	116.2	50	144.0	70	181.5	90	286.0
12	103.7	32	118.3	52	148.0	72	186.5	92	302.0
14	104.5	34	120.7	54	151.5	74	192.0	94	318.6
16	105.5	36	123.0	56	154.8	76	199.0	96	339.0
18	106.5	38	125.2	58	158.3	78	207.5	98	375.0

表 6.2.19 氢氧化钠溶液的凝点

浓度(质量分数)/%	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	52	54	56	58	60
t /℃	−4.7	−10.2	−10.8	−26.0	−16.4	0.1	12.1	14.8	6.7	12.1	19.3	29.2	38.5	46.2	52.0
浓度(质量分数)/%	62	64	66	68	70	72	74	76	78	79	80	81	82	83	84
t /℃	56.3	59.9	62.7	64.1	64.7	60.1	60.8	82.1	108.0	122.8	139.4	157.4	173.4	186.0	192.8

6.2.6　溶　解　度

表 6.2.20　氢氧化钠在水中的溶解度

温　度 /℃	溶　解　度 (质量分数)/%	/(g/L)	/(mol /100mol 水)	/(mol 水 /100mol 水)	密度 ρ_4^t /(g/cm³)	固　相
−5	5.6	60	2.65	3775	1.068	冰
−10	9.8	110	4.9	2040	1.119	冰
−15	13.2	153	6.85	1460	1.160	冰
−20	15.8	188	8.45	1185	1.192	冰
−28.2	19.1	236	10.6	945	1.234	冰＋$NaOH\cdot 7H_2O$
−26	20.4	254	11.5	870	1.247	$NaOH\cdot 7H_2O$
−24.4	22.3	283	12.9	775	1.268	$NaOH\cdot 7H_2O$＋$NaOH\cdot 5H_2O$
−20	24.0	308	14.2	704	1.285	$NaOH\cdot 5H_2O$
−17.8	25.0	324	15.0	665	1.295	$NaOH\cdot 5H_2O$＋α-$NaOH\cdot 4H_2O$
−10	26.4	345	16.15	620	1.306	α-$NaOH\cdot 4H_2O$
−5	27.8	367	17.35	575	1.319	α-$NaOH\cdot 4H_2O$
0	29.5	394	18.85	530	1.335	α-$NaOH\cdot 4H_2O$
6	32.4	441	21.6	460	1.362	α-$NaOH\cdot 4H_2O$＋$NaOH\cdot 3.5H_2O$
−15	29.7	399	19.0	525	1.343	β-$NaOH\cdot 4H_2O$
−10	31.0	421	20.25	495	1.357	β-$NaOH\cdot 4H_2O$
−5	32.8	450	22.0	455	1.373	β-$NaOH\cdot 4H_2O$
−1.8①	35.7	500	25.0	400	1.401	β-$NaOH\cdot 4H_2O$
−3	37.9	540	27.5	365	1.424	β-$NaOH\cdot 4H_2O$
10	33.7	463	22.9	435	1.373	$NaOH\cdot 3.5H_2O$
13	35.4	491	24.7	405	1.388	$NaOH\cdot 3.5H_2O$
15.2①	38.8	551	28.55	350	1.421	$NaOH\cdot 3.5H_2O$
13	43.0	629	33.95	295	1.463	$NaOH\cdot 3.5H_2O$
10	44.5	659	36.1	275	1.480	$NaOH\cdot 3.5H_2O$
4.5	46.0	689	38.35	260	1.498	$NaOH\cdot 3.5H_2O$＋$NaOH\cdot 2H_2O$
8	47.6	719	40.9	245	1.511	$NaOH\cdot 2H_2O$
12	50.8	782	46.5	215	1.539	$NaOH\cdot 2H_2O$＋$NaOH\cdot H_2O$
0	49.1	752	43.45	230	1.531	$NaOH\cdot H_2O$
20	52.1	805	49.0	205	1.545	$NaOH\cdot H_2O$
25	53.0	822	50.8	195	1.550	$NaOH\cdot H_2O$
30	54.0	840	52.85	189	1.555	$NaOH\cdot H_2O$
40	56.4	885	58.25	171	1.570	$NaOH\cdot H_2O$
50	59.3	943	65.6	152	1.590	$NaOH\cdot H_2O$
60	63.9		79.7	125		$NaOH\cdot H_2O$
64.4①	69.4		100.2	99.8		$NaOH\cdot H_2O$＋ NaOH
61	74.4		130.9	76		NaOH
70	75.0		135.1	74		NaOH
80	75.8		141.1	71		NaOH
90	76.4		145.8	69		NaOH
100	77.1		151.6	66		NaOH
125	78.9		168.4	59		NaOH
150	80.7		188.3	53		NaOH
175	82.6		213.8	47		NaOH
200	84.7		249.3	40		NaOH
250	89.7		392.2	25		NaOH
300	96.6		1279.5	7.8		NaOH
322	100.0		∞	0		NaOH

① 固相熔化温度。

表 6.2.21　其他氢氧化物在水中的溶解度　　单位：%(质量分数)

分子式	名　称	在下列温度(℃)时无水氢氧化物在100g水中的最大溶解质量/g														
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	200
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	氢氧化钡·8水	1.67	2.48	3.89		5.59	8.22	13.1	20.9	35.6	101.4					
$Ca(OH)_2$	氢氧化钙	0.18	0.17	0.16		0.15	0.14		0.11		0.092		0.072		0.035	0.012
KOH	氢氧化钾	97.6	102	112	118		135		148		162		179	206	367^{140}	
KOH	氢氧化钾	49.2	50.7	52.8		55.8	57.6	58.3	58.9	60.0	61.0	62.2	64.0	67.4	75.73^{143}	
$KOH \cdot H_2O$	氢氧化钾·1水						136	140	147		160		178			
$KOH \cdot 2H_2O$	氢氧化钾·2水	97	103	112		126										
LiOH	氢氧化锂	151	157	165	167	131	179		202	288	440		480	588		
$LiOH \cdot H_2O$	氢氧化锂·1水	12.7	12.7	12.8		12.9	13.0	13.3	13.8		15.3		17.5			
$Mg(OH)_2$	氢氧化镁			0.82mg	0.64mg								4.0mg			
NaOH	氢氧化钠	41.8		109	113	118	129	146	177	300		318	337		418	554
$NaOH \cdot H_2O$	氢氧化钠·1水			109		119	120	145	174							
$NaOH \cdot 1.5H_2O$	氢氧化钠·1.5水		51.5													
$NaOH \cdot 4H_2O$	氢氧化钠·4水	42	51													
RbOH	氢氧化铷			190				297					964^{95}			
$Sr(OH)_2$	氢氧化锶	0.41	0.56	0.81	1.01	1.23	1.77		3.68		8.30		27.9			
$Sr(OH)_2 \cdot 8H_2O$	氢氧化锶·8水	0.35	0.48	0.69		1.01	1.50	2.18	3.13	4.53	7.03	13.6	24.2			
TlOH	氢氧化铊	25.4		34.3		40.0	49.5		73.8		106	126	149			

表 6.2.22　氢氧化物在甲、乙醇中的溶解度（18～25℃）　　单位：g/100g溶剂

名　称	乙　醇/%						甲醇/%
	50	60	70	80	90	100	100
KOH	46.0	42.7	38.0	35.7	34.8	39	55
NaOH	—	—	—	—	—	17.3	31

表 6.2.23　氢氧化铝在氢氧化钾水溶液中的溶解度

30℃			60℃		
K_2O	Al_2O_3	固　相	K_2O	Al_2O_3	固　相
100g溶液中的含量/g			100g溶液中的含量/g		
7.77	0.95	$Al_2(OH)_6$	7.92	1.90	$Al_2(OH)_6$
21.00	2.65	$Al_2(OH)_6$	21.62	10.24	$Al_2(OH)_6$
28.80	12.71	$Al_2(OH)_6$	25.64	15.92	$Al_2(OH)_6$
29.10	16.70	$Al_2(OH)_6$	27.81	19.42	$Al_2(OH)_6$
29.63	16.60	铝酸钾	28.27	21.55	$Al_2(OH)_6$
37.21	4.08	铝酸钾	38.33	7.08	铝酸钾

表 6.2.24　氢氧化铝在硫酸铝溶液中的溶解度（20℃）

$Al_2(SO_4)_3$	$Al(OH)_3$	固　相	$Al_2(SO_4)_3$	$Al(OH)_3$	固　相
100g水中的含量/g		Al_2O_3：SO_3：H_2O	100g水中的含量/g		Al_2O_3：SO_3：H_2O
2.37	0.15	1：1：9	20.0	1.40	1：2：12
5.0	0.30	1：1：9	31.6	4.20	1：2：12＋1：3：16
9.1	1.30	1：1：9＋1：2：12	33.0	2.75	1：3：16
15.0	1.04	1：2：12	34.73	0.92	1：3：16

表 6.2.25 NaOH 和 Na_2CO_3 的共同溶解度

（1）常温

溶液中 NaOH 含量(质量分数)/%	不同温度时溶液中 Na_2CO_3 的含量(质量分数)/%						固　相
	50	70	90	100	120	140	
5	21.2	22.1	22.4	22.6	22.8	23.1	Na_2CO_3
15	7.7	8.06	8.3	8.4	8.6	8.7	
25	1.6	2.1	2.5	2.7	2.9	3.0	
35	0.85	1.35	1.4	1.5	1.55	1.6	
45	0.25	0.36	0.45	0.52	0.57	0.56	

（2）非常温

温度/℃	溶液密度/(g/cm³)	氢氧化钠含量		碳酸钠含量		温度/℃	溶液密度/(g/cm³)	氢氧化钠含量		碳酸钠含量	
		(质量分数)/%	/(g/L)	(质量分数)/%	/(g/L)			(质量分数)/%	/(g/L)	(质量分数)/%	/(g/L)
80	1.311	7.26	95.2	19.28	252.8	100	1.192	16.41	19.56	11.59	138.1
	1.312	9.24	121.2	16.84	221.0		1.259	23.79	299.5	4.59	57.8
	1.300	10.45	135.8	15.65	203.5		1.289	28.15	362.8	2.82	36.3
	1.293	17.37	224.6	8.08	104.5	105	1.271	8.50	108.8	19.93	253.3
	1.311	23.34	306.0	4.00	52.5		1.291	15.70	194.8	11.02	136.7
	1.370	26.31	360.4	3.83	52.5		1.265	25.74	325.6	4.19	53.0
	1.314	24.22	318.2	2.70	35.5		1.246	24.72	308.0	4.21	52.5
	1.344	27.20	365.6	2.33	31.3		1.282	28.49	365.2	3.28	42.0
100	1.258	8.46	106.4	19.47	244.9		1.270	27.83	353.4	2.91	37.0
	1.192	16.41	19.56	11.59	138.1		1.278	29.20	373.2	2.49	31.8

注：固相是 Na_2CO_3。

6.2.7 蒸　气　压

表 6.2.26 氢氧化钾和氢氧化钠的蒸气压

名　称	分子式	0.01	0.02	0.04	0.07	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃								
氢氧化钾	KOH	600	625	655	680	704	742	783	817	842
氢氧化钠	NaOH	610	640	672	700	722	764	809	847	874

名　称	分子式	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃								
氢氧化钾	KOH	895	950	1000	1035	1108	1194	1271	1327	380
氢氧化钠	NaOH	929	988	1043	1080	1156	1245	1323	1378	318

表 6.2.27 氢氧化钡的分解压

分解温度/℃	680	700	720	740	760	780	800	820	840
p/kPa	2.533	3.546	4.660	6.585	9.117	12.45	16.51	21.27	26.74

分解温度/℃	860	880	900	920	940	960	980	988
p/kPa	32.92	39.51	46.90	55.46	65.85	78.25	85.93	101.3

6.2.8　比热容和热导率

表 6.2.28　氢氧化物的比热容　　单位：J/(mol·K)

名　　称	温　　度/K									
	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
氢氧化铝	93.211	93.600	114.59	135.59	156.58	177.57				
氢氧化钙	87.579	87.864	98.285	103.75	107.27	109.86	111.96	113.78	115.42	
氢氧化钾	65.649	65.791	73.495	81.195	78.712	83.15	83.15	83.15	83.15	83.15

名　　称	温　　度/K									
	1200	1300	1400	1500	1600	1600	1700	1800	1900	2000
氢氧化钾	83.15	83.15	83.15	83.15	83.15	52.255	52.85	53.44	54.031	54.613

表 6.2.29　氢氧化物水溶液的热导率

（1）体积浓度　　单位：W/(m·℃)

溶　质	温　度/℃	体积浓度/%					
		0	10	20	30	40	50
KOH	20	0.598	0.603	0.598	0.583	0.564	0.536
KOH	30	0.617	0.619	0.612	0.595	0.574	0.549
NaOH	20	0.598	0.626	0.639	0.645	0.645	
NH_4OH	20	0.598	0.535	0.483	0.445		
$Zn(OH)_2$	20	0.598	0.621				

（2）质量浓度　　单位：W/(m·℃)

溶　质	温　度/℃	质量浓度/%				
		0	5	10	15	20
KOH	25	0.172	0.182	0.189	0.194	0.195
	40	0.169	0.177	0.184	0.188	0.189
	60	0.163	0.172	0.179	0.184	0.186
NaOH	15	0.179	0.198	0.207		
	25	0.174	0.193	0.205		
	40	0.168	0.187	0.200		
	60	0.165	0.181	0.195		

6.2.9　比焓和比熵

表 6.2.30　氢氧化物的比焓　　单位：－kJ/mol

名　　称	温　　度/K									
	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
氢氧化铝	1285.3	1285.2	1274.8	1262.3	1247.6	1230.9				
氢氧化钙	986.87	986.71	977.33	967.21	956.65	945.79	934.69	923.4	953.81	
氢氧化钾	424.96	424.84	417.88	4094.5	395.85	378.48	370.17	361.85	353.54	345.22

名　　称	温　　度/K									
	1200	1300	1400	1500	1600	1600	1700	1800	1900	2000
氢氧化钾	336.91	328.59	320.28	311.96	303.65	169.67	164.42	159.1	153.73	148.3

表 6.2.31 氢氧化物的焓

项目	物料名			
	氢氧化钾	氢氧化钠	氢氧化钙	氢氧化铵
25℃时理想气体标准生成焓/(kJ/mol)	−232.63	−197.76	−610.76	—
298.2K 下标准燃烧焓/(kJ/mol)	—	—	—	−243.3

表 6.2.32 NaOH 溶液脱水时所得到的蒸汽热焓 单位：kJ/kg NaOH

溶液中 NaOH 的含量(质量分数)/%	溶液中水含量/(g/g NaOH)	蒸发水量(使溶液中 NaOH 浓度提高到下一浓度时)/(g/g NaOH)	水蒸气的热焓		
			p=100kPa，在溶液沸腾温度时的过热蒸汽	由溶液中蒸出的蒸汽(当浓度增加到下一数值时)	由溶液中蒸出的蒸汽(当烧碱完全脱水时)
30	2.333	0.208	2709.91	565.18	6555.98
32	2.125	0.184	2716.61	499.32	5990.81
34	1.941	0.163	2721.21	444.09	5491.49
36	1.778	0.146	2725.82	399.04	5047.40
38	1.632	0.132	2730.84	359.39	4648.35
40	1.500	0.110	2736.28	325.61	4288.96
42	1.381	0.108	2742.77	296.76	3963.35
44	1.273	0.099	2749.26	271.64	3666.59
46	1.174	0.091	2755.54	249.91	3394.95
48	1.083	0.083	2761.61	230.02	3145.04
50	1.000	0.077	2769.15	212.94	2915.02
52	0.923	0.072	2776.27	197.66	2702.08
54	0.851	0.065	2780.66	183.93	2504.42
56	0.786	0.062	2789.25	172.08	2320.49
58	0.724	0.057	2796.36	160.52	2148.41
60	0.667	0.054	2803.06	150.81	1987.89
62	0.613	0.050	2808.92	141.56	1837.08
64	0.563	0.048	2817.30	133.27	1695.53
66	0.515	0.044	2825.25	126.02	1562.26
68	0.471	0.042	2833.21	118.99	1436.24
70	0.429	0.040	2844.51	112.92	1317.25
72	0.389	0.038	2852.89	106.97	1204.33
74	0.351	0.035	2865.03	101.99	1097.36
76	0.316	0.034	2880.52	97.09	995.37
78	0.282	0.032	2898.10	93.03	856.11
80	0.250	0.030	2919.46	88.76	763.34
82	0.220	0.029	2943.32	85.66	674.58
84	0.191	0.028	2969.28	82.23	588.92
86	0.163	0.026	2997.75	79.13	506.69
88	0.136	0.025	3028.73	76.62	427.56
90	0.111	0.024	3058.04	73.69	350.94
92	0.087	0.023	3093.21	71.47	277.25
94	0.064	0.022	3130.47	69.71	205.78
96	0.042	0.021	3175.27	67.62	136.07
98	0.020	0.010	3264.03	33.62	68.45
99	0.010	0.005	3336.88	17.42	34.83
99.5	0.005	0.003	3694.85	10.47	17.42
99.8	0.002	0.002	3485.51	6.95	6.95
100	0.000	—	—	—	—

表 6.2.33　氢氧化物的比熵　　单位：J/(mol·K)

名　　称	温度/K									
	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
氢氧化铝	71.176	71.753	101.56	129.38	155.96	181.67				
氢氧化钙	83.443	83.987	110.88	133.45	152.70	169.44	184.24	197.54	209.62	
氢氧化钾	79.340	79.746	99.730	116.95	143.60	169.85	180.95	190.74	199.50	207.43
名　　称	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
氢氧化钾	214.66	221.32	227.48	233.22	238.58	322.32	325.51	328.54	331.45	334.23

6.2.10　溶解热、熔融热和汽化热等

表 6.2.34　NaOH 在水中的溶解热（18℃）

溶解物质	每1mol溶质的水的物质的量/mol	溶解物质的浓度(质量分数)/%	溶解热/(J/mol)	溶解物质	每1mol溶质的水的物质的量/mol	溶解物质的浓度(质量分数)/%	溶解热/(J/mol)
NaOH	3	42.55	56019	NaOH	400	0.549	42257
	4	35.69	49823		800	0.277	42299
	5	30.75	46306		1000	0.138	42354
	8	21.72	42622		3200	0.069	42408
	10	18.17	43216		9400	0.0347	42458
	12	15.61	43493	$NaOH\cdot\frac{1}{2}H_2O$	200	11.98	33913
	18	10.98	43547				
	20	9.99	43505	$NaOH\cdot\frac{2}{3}H_2O$	200	12.62	29308
	25	8.16	43342				
	50	4.25	42806	$NaOH\cdot\frac{3}{4}H_2O$	200	12.93	26796
	100	2.17	42454				
	200	1.098	42291	$NaOH\cdot H_2O$	200	13.87	21311

表 6.2.35　氢氧化物的熔化热

物　料　名	氢氧锂	氢氧化钾	氢氧化钠
熔化热/(kJ/kmol)	10380	8620	6610

表 6.2.36　氢氧化钡与酸的中和热　　单位：kJ/mol

酸　类	氢氟酸	盐　酸	硫　酸	硝　酸	磷　酸	碳　酸	氢氰酸
r	67.83	58.16	77.04	59.03	62.80	45.64	13.19

表 6.2.37　氢氧化物的自由能　　单位：−kJ/mol

名　　称	温度/K									
	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
氢氧化铝	1306.6	1306.7	1315.4	1326.9	1341.2	1358.1				
氢氧化钙	1011.7	1011.9	1021.7	1033.9	1048.3	1064.4	1082.1	1101.2	1121.6	
氢氧化钾	448.62	448.76	457.76	468.62	482.01	497.38	514.93	553.52	553.04	573.39

名　　称	温度/K								
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
氢氧化钾	594.5	616.31	638.75	661.79	685.38	717.77	750.48	783.48	816.43

6.2.11 其 他 物 性

表 6.2.38 氢氧化物的三相点

项 目	物料名				
	氢氧化铝(水铝矿)	氢氧化钙	氢氧化钾	氢氧化钠	氢氧化铵
分子式	$Al(OH)_3'$	$Ca(OH)_2'$	KOH	NaOH	NH_4OH
三相点温度/K	573.15	1381.15	679	596	194.15
三相点压力/Pa	—	—	0.0208	0.00295729	751.458

表 6.2.39 无水氢氧化钠水溶液的固定湿度

项 目	相对湿度/%									
	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55
水蒸气分压/kPa	3.167	3.009	2.850	2.691	2.533	2.375	2.217	2.058	1.900	1.742
氢氧化钠(质量分数)/%	0.00	5.54	9.83	13.32	16.10	18.60	20.80	22.80	24.66	26.42
项 目	相对湿度/%									
	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
水蒸气分压/kPa	1.584	1.425	1.266	1.108	0.950	0.792	0.633	0.475	0.317	0.159
氢氧化钠(质量分数)/%	28.15	29.86	31.58	33.38	32.29	37.45	40.00	43.32	47.97	—

表 6.2.40 氢氧化钠溶液的电导率 单位：$\Omega^{-1}\cdot cm^{-1}$

氢氧化钠浓度/(mol/L)	温度/℃				氢氧化钠浓度/(mol/L)	温度/℃			
	80	85	90	95		80	85	90	95
2.0	0.601	0.633	0.655	0.685	3.6	0.875	0.921	0.964	1.001
2.4	0.689	0.723	0.748	0.776	4.0	0.921	0.968	1.015	1.060
2.8	0.759	0.795	0.846	0.860	4.4	0.955	1.015	1.060	1.116
3.2	0.826	0.864	0.882	0.926	4.8	0.987	1.056	1.095	1.157

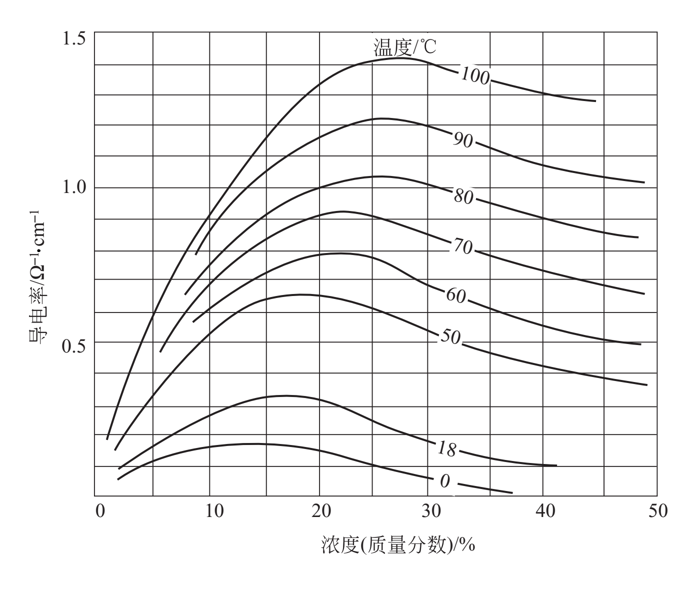


图 6.2 氢氧化钠溶液的电导率

表 6.2.41　氢氧化钠溶液活度平均系数

温度/℃	氢氧化钠溶液浓度/(mol/L)						
	0.1	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
0	0.767	0.648	0.660	0.682	0.763	0.900	1.100
10	0.768	0.690	0.672	0.702	0.766	0.920	1.109
20	0.766	0.693	0.678	0.709	0.789	0.916	1.098
30	0.765	0.693	0.680	0.712	0.781	0.911	1.081
40				0.707	0.783	0.895	1.053
50				0.696	0.767	0.872	1.017
60				0.677	0.742	0.839	0.971
70				0.652	0.711	0.800	0.822

6.2.12　氢氧化物的质量指标

表 6.2.42　工业氢氧化钾的质量指标（GB/T 1919—2000）

项　目		指　标/%					
		固体Ⅰ类(离子膜法)		固体Ⅱ类(隔膜法)		液　体	
		优等品	一等品	一等品	合格品	一等品	合格品
氢氧化钾(KOH)(质量分数)/%	≥	95.0	90,0	90.0	88.0	48.0	45.0
碳酸钾(K_2CO_3)(质量分数)/%	≤	1.0	1.4	2.5	3.0	1.2	1.5
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	1.0	1.4	0.5	0.7
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	—	—	0.05	0.07	—	—
硫酸盐①(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	—	—	—	—
硝酸盐及亚硝酸盐(以 N 计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	—	—	—	—
钠①(Na)(质量分数)/%	≤	1.0	1.0	2.0	2.0	1.5	1.5
氯酸钾($KClO_3$)(质量分数)/%	≤	0.1	—	—	—	—	—
外观		液体:淡黄色或蓝紫色　固体:灰白、蓝绿或浅紫色片状或块状					

① 指用户对指标无要求时可不控制。

用途：酸碱中和调节溶液 pH 值。二氧化碳吸收剂。皂化剂。在日化工业中用以制雪花膏、洗发膏等。化学原料工业制造各种钾盐。也用于医药、染料等工业。

表 6.2.43　工业离子膜法氢氧化钾溶液的质量指标（HG/T 3815—2005）

单位：%（质量分数）

项　目		指　标			
		Ⅰ型		Ⅱ型	
		优等品	一等品	优等品	一等品
氢氧化钾(KOH)	≥	48.0	48.0	45.0	45.0
碳酸钾(K_2CO_3)	≤	0.1	0.15	0.1	0.15
氯化物(以 Cl 计)	≤	0.0025	0.0035	0.0023	0.0033
铁(Fe)	≤	0.00025	0.00035	0.00025	0.00035
钠(Na)	≤	0.4	0.5	0.38	0.46
钙(Ca)	≤	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003
铝(Al)	≤	0.0006	0.001	0.0006	0.001
氯酸钾($KClO_3$)	≤	0.002	0.003	0.002	0.003
重金属(以 Pb 计)	≤	0.001	0.001	0.001	0.001

表 6.2.44 高品质片状氢氧化钾的质量指标（HG/T 3688—2010）

项目		指标					
		Ⅰ型		Ⅱ型		Ⅲ型	
		优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品
氧氧化钾(KOH)(质量分数)/%	≥	95.0	95.0	90.0	90.0	75.0	75.0
碳酸钾(K_2CO_3)(质量分数)/%	≤	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.005	0.01	0.004	0.008
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.002	0.005	0.002	0.005
硝酸盐及亚硝酸盐(以 N 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
磷酸盐(以 PO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.002	0.005	0.002	0.005
硅酸盐(以 SiO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.0002	0.0005	0.0002	0.0005
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	0.8
铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.002	0.005	—	—
镍(Ni)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0002	0.0005
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002

注：用户对磷酸盐、钠（Na）、铝（Al）指标无要求时，可以不控制。

用途：广泛应用于碱性电池、歧化松香钾皂、高级洗涤剂和化妆品、医药中间体、各种钾盐、合成橡胶、ABS 树脂、食用、纸张分量剂、石油精炼等。

表 6.2.45 试剂用氢氧化钾的质量指标（GB/T 2306—2008）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量(KOH)(质量分数)/%	≥	85.0	85.0	80.0
碳酸盐(以 K_2CO_3计)(质量分数)/%	≤	1.0	1.5	2.0
澄清度试验(HG/T 3484)		2 号	4 号	6 号
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.025
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.01
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.005
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005	0.01
硅酸盐(SiO_3)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.1
钠(Na)(质量分数)/%	≤	1.0	2.0	2.0
镁(Mg),(质量分数)/%	≤	0.0005	—	—
铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	—
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.02
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
镍(Ni)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0005	
锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.001	—	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.003
外观		白色均匀粒状或片状固体		

表 6.2.46 食用氢氧化钾的质量指标（GB 25575—2010）

项目		指标	
		固体	液体
氢氧化钾(KOH)(质量分数)/%		85.0～100.5	≥45.0
碳酸钾(K_2CO_3)(质量分数)/%	≤	2.0	2.0(干基计)
汞(Hg)/(mg/kg)	≤	0.1	0.1(干基计)
砷(As)/(mg/kg)	≤	3	3(干基计)

续表

项　目		指　标	
		固体	液体
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	10	10(干基计)
铅[①](Pb)/(mg/kg)	≤	5	5(干基计)
澄清度		通过试验	通过试验
外观		白色或近乎白色，无嗅的颗粒状、片状、棒状或熔融状	无色，无嗅，清亮或略有浑浊

① 当重金属测定的结果小于 5mg/kg 时，该项目可以免测定。

表 6.2.47　工业用固体氢氧化钠的质量指标（GB 209—2006）　　单位：%（质量分数）

项　目		IS-IT					
		Ⅰ型			Ⅱ型		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氢氧化钠(以 NaOH 计)		≥99.0	≥98.5	≥98.0	72.0±2.0		
碳酸钠(以 Na_2CO_3 计)	≤	0.5	0.8	1.0	0.3	0.5	0.8
氯化钠(以 NaCl 计)	≤	0.03	0.05	0.08	0.02	0.05	0.08
三氧化二铁(以 Fe_2O_3 计)	≤	0.005	0.008	0.01	0.005	0.008	0.01

项　目		IS-DT						IS-CT		
		Ⅰ型			Ⅱ型			Ⅰ型		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氢氧化钠(以 NaOH 计)		≥96.0		≥95.0	72.0±2.0			≥97.0		≥94.0
碳酸钠(以 Na_2CO_3 计)	≤	1.2	1.3	1.6	0.4	0.8	1.0	1.5	1.7	2.5
氯化钠(以 NaCl 计)	≤	2.5	2.7	3.0	2.0	2.5	2.8	1.1	1.2	3.5
三氧化二铁(以 Fe_2O_3 计)	≤	0.008	0.01	0.02	0.008	0.01	0.02	0.008	0.01	0.01

注：外观为白色，有光泽。

用途：可用作干燥剂（二氧化硫、二氧化碳、二氧化氮和氯化氢等酸性气体除外）、制皂等。

表 6.2.48　工业用液体氢氧化钠的质量指标（GB 209—2006）　　单位：%(质量分数)

项　目		IL-IT					
		Ⅰ型			Ⅱ型		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氢氧化钠(以 NaOH 计)	≥	45.0			30.0		
碳酸钠(以 Na_2CO_3 计)	≤	0.2	0.4	0.6	0.1	0.2	0.4
氯化钠(以 NaCl 计)	≤	0.02	0.03	0.05	0.005	0.008	0.01
三氧化二铁(以 Fe_2O_3 计)	≤	0.002	0.003	0.005	0.0006	0.0008	0.001

项　目		IL-DT					IL-CT		
		Ⅰ型			Ⅱ型		Ⅰ型		
		优等品	一等品	合格品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氢氧化钠(以 NaOH 计)	≥	42.0			30.0		45.0		42.0
碳酸钠(以 Na_2CO_3 计)	≤	0.3	0.4	0.6	0.3	0.5	1.0	1.2	1.6
氯化钠(以 NaCl 计)	≤	1.6	1.8	2.0	4.6	5.0	0.7	0.8	1.0
三氧化二铁(以 Fe_2O_3 计)	≤	0.003	0.006	0.01	0.005	0.008	0.01	0.02	0.03

注：外观为无色透明液体。

用途：用于纸张、纤维素浆粕、肥皂、合成洗涤剂、合成脂肪酸的生产以及动植物油脂的精炼；棉布退浆剂、煮炼剂和丝光剂；硼酸、氰化钠、甲酸、草酸、苯酚等生产等。

表 6.2.49 天然碱苛化法氢氧化钠的质量指标（HG/T 3825—2006） 单位：%（质量分数）

项 目		IS			IL		
		指 标					
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氢氧化钠（以 NaOH 计）	≥	94.0	92.0	90.0	45.0	42.0	40.0
碳酸钠（以 Na_2CO_3 计）	≤	2.3	2.8	3.2	1.2	1.6	1.8
氯化钠（以 NaCl 计）	≤	3.6	4.2	4,8	1.8	2.0	2.5
三氧化二铁（以 Fe_2O_3 计）	≤	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.03

表 6.2.50 高纯氢氧化钠的质量指标（GB 11199—2006） 单位：%（质量分数）

项 目		指 标							
		HS		HL					
		Ⅰ		Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ	
		优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品
氢氧化钠（以 NaOH 计）	≥	99.0	98.5	45.0		32.0		30.0	
碳酸钠（以 Na_2CO_3 计）	≤	0.50	0.80	0.1	0.2	0.04	0.06	0.04	0.06
氯化钠（以 NaCl 计）	≤	0.02	0.04	0.008	0.01	0.004	0.007	0.004	0.007
三氧化二铁（以 Fe_2O_3 计）	≤	0.002	0.004	0.0008	0.001	0.0003	0.0005	0.0003	0.0005
二氧化硅（以 SiO_2 计）	≤	0.008	0.010	0.002	0.003	0.0015	0.003	0.0015	0.003
氯酸钠（以 $NaClO_3$ 计）	≤	0.005	0.005	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002
硫酸钠（以 Na_2SO_4 计）	≤	0.01	0.02	0.002	0.004	0.001	0.002	0.001	0.002
三氧化二铝（以 Al_2O_3 计）	≤	0.004	0.005	0.001	0.002	0.0004	0.0006	0.0004	0.0006
氧化钙（以 CaO 计）	≤	0.001	0.003	0.0003	0.0008	0.0001	0.0005	0.0001	0.0005
项 目		指 标							
		FS		FL					
		Ⅰ		Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ	
		优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品
氢氧化钠（以 NaOH 计）	≥	99.0	98.5	48.0	48.0	42.0	42.0	30.0	30.0
碳酸钠（以 Na_2CO_3 计）	≤	0.40	0.60	0.20	0.30	0.20	0.20	0.10	0.15
氯化钠（以 NaCl 计）	≤	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.006	0.010
三氧化二铁（以 Fe_2O_3 计）	≤	0.003	0.005	0.002	0.003	0.001	0.003	0.0008	0.0010
钙（Ca）	≤	0.004	0.006	0.002	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002
二氧化硅（以 SiO_2 计）	≤	0.004	0.006	0.002	0.003	0.002	0.003	0.0015	0.002
硫酸钠（以 Na_2SO_4 计）	≤	0.050	0.070	0.002	0.004	0.002	0.004	0.0010	0,0015
铜（Cu）	≤	0.0002	0.0003	0.00005	0.0001	0.0005	0.0001	0.00005	0.00005

用途：用于石油、精炼、造纸、肥皂、人造丝、染色、制革、医药、有机合成等。

表 6.2.51 食用氢氧化钠的质量指标（GB 5175—2008）

固 态			液 态		
项 目		指 标	项 目		指 标
总碱量（以 NaOH 计）（质量分数）/%		98.0～100.5	总碱量（以 NaOH 计）①（质量分数）/%		98.0～103.5
碳酸钠（Na_2CO_3）含量（质量分数）/%	≤	2.0	碳酸钠（Na_2CO_3）含量①（质量分数）/%	≤	2.0
砷（As）含量（质量分数）/%	≤	0.0003	砷（As）含量（以干基计）（质量分数）/%	≤	0.0003
重金属（以 Pb 计）含量（质量分数）/%	≤	0.0005	重金属（以 Pb 计）含量（质量分数）/%	≤	0.0005
汞（Hg）含量（质量分数）/%	≤	0.00001	汞（Hg）含量（质量分数）/%	≤	0.00001
不溶物及有机杂质		通过试验	不溶物及有机杂质		通过试验
外观		白色或近乎白色	外观		清亮或略有浑浊，无色或带粉色

① 按氢氧化钠的标示值折算。

用途：用于食品加工、皮蛋生产、海产品干货浸泡、食用油生产、香精香料、焦糖色及

制药工业和调味品生产；在食品工业上主要作为酸度调和剂，同时也可用作酒瓶和粮油盛装容器等的清洗。

表 6.2.52　化纤用氢氧化钠的质量指标（GB/T 11212—2003）　　单位：%(质量分数)

项　　目	指　　标							
	FS(白色有光泽)		FL(无色透明稠状液体)					
	Ⅰ		Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ	
	优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品
氢氧化钠(NaOH)　≥	99.0	98.5	48.0	48.0	42.0	42.0	30.0	30.0
碳酸钠(Na_2CO_3)含量　≤	0.40	0.60	0.20	0.30	0.20	0.20	0.10	0.15
氯化钠(以 NaCl 计)　≤	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.006	0.010
三氧化二铁(以 Fe_2O_3 计)　≤	0.003	0.005	0.002	0.003	0.001	0.003	0.0008	0.0010
钙(Ca)　≤	0.004	0.006	0.002	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002
二氧化硅(以 SiO_2 计)　≤	0.004	0.006	0.002	0.003	0.002	0.003	0.0015	0.002
硫酸钠(以 Na_2SO_4 计)　≤	0.050	0.070	0.002	0.004	0.002	0.004	0.0010	0.0015
铜(Cu)　≤	0.0002	0.0003	0.00005	0.0001	0.0005	0.0001	0.00005	0.00005

表 6.2.53　试剂用氢氧化钠的质量指标（GB/T 629—1997）

项　　目	指　　标		
	优级纯	分析纯	化学纯
含量(NaOH)(质量分数)/%　≥	98.0	96.0	95.0
碳酸盐(以 Na_2CO_3 计)(质量分数)/%　≤	1.0	1.5	3.0
澄清度试验(HG 3-1168)	2 号	4 号	6 号
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%　≤	0.002	0.005	0.01
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%　≤	0.002	0.005	0.02
总氮量(以 N 计)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001	0.002
磷酸盐(以 PO_4 计)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001	0.002
硅酸盐(以 SiO_3 计)(质量分数)/%　≤	0.005	0.01	0.05
镁(Mg)(质量分数)/%　≤	0.0005	—	—
铝(Al)(质量分数)/%　≤	0.001	0.002	0.005
钾(K)(质量分数)/%　≤	0.02	0.05	—
钙(Ca)(质量分数)/%　≤	0.002	0.01	0.05
铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001	0.002
镍(Ni)(质量分数)/%　≤	0.001	—	—
锌(Zn)(质量分数)/%　≤	0.001	—	—
砷(As)(质量分数)/%　≤	0.0001	—	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　≤	0.001	0.003	0.003
外观	白色均匀料状或片状固体		

表 6.2.54　工业氢氧化钙的质量指标（HG/T 4120—2009）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
氢氧化钙[$Ca(OH)_2$]（质量分数）/%　≥		96.0	95.0	90.0
镁及碱金属（质量分数）/%　≤		2.0	3.0	—
酸不溶物（质量分数）/%　≤		0.1	0.5	1.0
铁(Fe)（质量分数）/%　≤		0.05	0.1	—
干燥减量（质量分数）/%　≤		0.5	1.0	2.0
筛余物	0.045mm 试验筛(质量分数)/%　≤	2	5	—
	0.125mm 试验筛(质量分数)/%　≤	—	—	4
重金属(以 Pb 计)（质量分数）/%　≤		0.002	—	—

用途：主要用于环保中和剂、酸性废水、污水处理、锅炉烟气脱硫和房屋建筑。

表 6.2.55 食用氢氧化钙的质量指标（GB 25572—2010）

项目		指标	项目		指标
氢氧化钙[$Ca(OH)_2$]（质量分数）/%		95.0～100.5	氟化物（以F计）/(mg/kg)	≤	50
碳酸盐		通过试验	铅(Pb)/(mg/kg)	≤	2
镁及碱金属（质量分数）/%	≤	2.0	重金属（以Pb计）/(mg/kg)	≤	10
酸不溶物（质量分数）/%	≤	0.1	干燥减量（质量分数）/%	≤	1.0
砷(As)/(mg/kg)	≤	2	筛余物（0.045mm试验筛）（质量分数）/%	≤	0.4

用途：广泛用于医药、食品添加剂的合成、饲料添加剂的维生素C磷酸酯的合成、钙剂合成及环烷酸钙、乳酸钙、柠檬酸钙制糖业的添加剂和水处理及其他高档有机化工的合成。

表 6.2.56 工业氢氧化镁的质量指标（HG/T 3607—2007）

项目		指标/%				
		Ⅰ类	Ⅱ类		Ⅲ类	
氢氧化镁（质量分数）/%	≥	97.5	94.0	93.0	93.0	92.0
氧化钙（质量分数）/%	≤	0.10	0.05	0.1	0.5	1.0
盐酸不溶物（质量分数）/%	≤	0.10	0.2	0.5	2.0	2.5
水分/%	≤	0.5	2.0	2.5	2.0	2.5
氯化物（以Cl计）（质量分数）/%	≤	0.10	0.4	0.5	0.4	0.5
铁(Fe)（质量分数）/%	≤	0.005	0.02	0.05	0.2	0.3
筛余物（75μm试验筛）		—	0.02	0.05	0.5	1.0
激光粒径(D_{50})/μm		0.5～1.5	—	—	—	—
灼烧失量/%	≥	30.0	—	—	—	—
白度	≥	95	—	—	—	—
外观		白色粉末				

用途：用于酸性废水处理、烟气脱硫，在塑料橡胶和其他高分子聚合物中作阻燃剂，在水产养殖方面作弱碱性中和剂等。

表 6.2.57 纳米氢氧化镁的质量指标（HG/T 3821—2006）

项目		指标		项目		指标	
		Ⅰ型	Ⅱ型			Ⅰ型	Ⅱ型
氢氧化镁[$Mg(OH)_2$]（质量分数）/%	≥	98.0	98.0	铁(Fe)（质量分数）/%	≤	0.03	0.03
激光粒径(D_{90})/μm	≤	1.0	3.0	水分/%	≤	0.3	0.3
电镜平均粒径/nm	≤	100	100	白度	≥	90	90
团聚指数	≤	10	30	灼烧失重（质量分数）/%	≥	30	30
比表面积/(m^2/g)		50～100	30～80	堆积密度/(g/cm^3)		0.1～0.5	0.1～0.5
重金属（以Pb计）/(mg/kg)	≤	0.001	0.001	pH值（20g/L，悬浊液）		8.0～9.5	8.0～9.5
氯化物（以Cl计）/(mg/kg)	≤	0.4	0.4				

表 6.2.58 料浆状及滤饼状氢氧化镁的质量指标（HY/T 111—2008）

项目		指标			
		料浆状		滤饼状	
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅰ类	Ⅱ类
氢氧化镁[$Mg(OH)_2$]（质量分数）/%		28.0～35.0		40.0～50.0	
氧化钙(CaO)（质量分数）/%	≤	0.4	0.8	0.6	1.3
相对密度		1.15～1.29		1.30～1.45	

表 6.2.59　氢氧化铝的质量指标（GB 4294—2010）　单位：%（质量分数）

牌号	化学成分②（质量分数）/%					物理性能
	$Al_2O_3$③ ≥	杂质含量 ≤			灼烧失量（灼减）	水分（附着水）/% ≤
		SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O		
AH-1①,④	余量	0.02	0.02	0.40	34.5±0.5	12
AH-2④	余量	0.04	0.02	0.40	34.5±0.5	12
外观	白色粉末或砂状结晶，无夹杂物					

① 用作干法氟化铝的生产原料时，要求水分（附着水）不大于6%，小于45μm粒度的质量分数≤15%。

② 化学成分按在110℃±5℃下烘干2 h的干基计算。

③ Al_2O_3含量为100%减去表中所列杂质含量总和以及灼减后的余量。

④ 重金属元素质量分数（Cd+Hg+Pb+Cr^{6+}+As）≤0.010%，供方可不做常规分析，但应监控其含量。

用途：广泛用于石油化工、电力、电子、各种低烟无卤橡胶、塑料阻燃填料、陶瓷、耐火材料、化学纺织、造纸、涂料、汽车、航天、医药、电解铝等行业。

表 6.2.60　氢氧化锂的质量指标（GB/T 8766—2002）　单位：%（质量分数）

项目	指标				项目	指标			
	$LiOH\cdot H_2O$-T1	$LiOH\cdot H_2O$-T2	$LiOH\cdot H_2O$-1	$LiOH\cdot H_2O$-2		$LiOH\cdot H_2O$-T1	$LiOH\cdot H_2O$-T2	$LiOH\cdot H_2O$-1	$LiOH\cdot H_2O$-2
LiOH ≥	56.5	56.5	56.5	56.5	CO_2 ≤	0.35	0.35	0.50	0.50
Na ≤	0.002	0.008	0.15	0.20	SO_4^{2-} ≤	0.010	0.015	0.020	0.030
K ≤	0.001	0.002	0.15	0.20	Cl^- ≤	0.002	0.002	0.002	0.005
Fe_2O_3 ≤	0.001	0.001	0.002	0.003	盐酸不溶物 ≤	0.002	0.005	0.01	0.01
CaO ≤	0.020	0.030	0.035	0.035	水不溶物 ≤	0.0003	0.01	0.02	0.03

用途：有机酸的滴定；照相显影剂；制备锂盐；制造醇酸树脂；催化剂；碱性电池。

表 6.2.61　工业氢氧化钡的质量指标（HG 2566—2006）

项目	指标（质量分数）/%		
	优等品	一等品	合格品
主含量[以 $Ba(OH)_2\cdot 8H_2O$]计 ≥	98.0	97.0	95.0
碳酸钡（$BaCO_3$） ≤	1.0	1.0	1.5
氯化物（以 Cl 计） ≤	0.05	0.05	0.3
铁（Fe） ≤	0.003	0.006	0.01
盐酸不溶物 ≤	0.03	0.05	—
硫酸不沉淀物 ≤	0.2	0.5	—
碘还原物（以 S 计） ≤	0.05	0.10	—
氢氧化锶[以 $Sr(OH)_2\cdot 8H_2O$ 计] ≤	2.5	3.0	—
外观	白色结晶或结晶粉末		

用途：用于制造其他钡盐、有机钡化合物、钡基润滑脂；精制动植物油类、蔗糖、甜菜；用作多效能的添加剂；生产玻璃和搪瓷的原料。此外，也用作丝绸和人造丝的处理剂，锅炉的硬水软化剂，以及中和剂等。

表 6.2.62 试剂用八水合氢氧化钡的质量指标（HG/T 2629—94）

项目		指标 分析纯	化学纯	项目		指标 分析纯	化学纯
$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$(质量分数)/%	≥	98.0	97.0	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
$BaCO_3$(质量分数)/%	≤	1.0	2.0	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005
澄清度试验(HG 3-1168)		3号	5号	锶(Sr)(质量分数)/%	≤	0.08	0.15
盐酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.05	铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002
氯化物(以Cl计)(质量分数)/%	≤	0.003	0.02	硫酸不沉淀物(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
硫化物(以S计)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.001				

用途：主要用于制造钡盐，石油工业中多效能添加剂等。测定空气中的二氧化碳，精制糖及动物油，锅炉用水清洗剂。

表 6.2.63 球形氢氧化镍的质量指标（GB/T 20507—2006）

类别	牌号	化学成分(质量分数)/% Ni ≥	Co	Zn	Cd	Fe、Cu、Mn、Pb ≤	Ca ≤	Mg ≤	SO_4^{2-} ≤	NO_3^-、Cl^- ≤	H_2O ≤
加锌型	Zn3Co1	57.5	1.0±0.2	3.0±0.3	≤0.005	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	1.0
	Zn3Co1.5	57.0	1.5±0.2	3.0±0.3	≤0.005	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	1.0
	Zn4Co0.7	56.5	0.7±0.2	4.0±0.3	≤0.005	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	1.0
	Zn4Co1.5	56.0	1.5±0.2	4.0±0.3	≤0.005	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	1.0
加镉型	Cd3Co1	57.5	1.1±0.2	≤0.10	3.2±0.3	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	1.0
覆钴型	Zn4Co1.5-Co3.5	53.0	1.5±0.2~3.5±0.2	3.9±0.3	≤0.005	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	1.0
	Cd3Co1-Co3	54.5	1.1±0.2~3.0±0.2	≤0.10	3.1±0.3	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	1.0

类别	牌号	形貌	晶型	松装密度/(g/cm^3)	振实密度/(g/cm^3)	粒度(D_{50})/μm	比表积/(m^2/g)	(101)面半高宽/(°)
加锌型	Zn3Co1、1.5 Zn4Co0.7、1.5	球形或类球形	β	≥1.60	≥2.10	6~15	6~15	≥0.85
加镉型	Cd3Co1	球形或类球形	β	≥1.60	≥2.10	8~20	8~25	≥0.85
覆钴型	Zn4Co1.5、3.5		β	≥1.50	≥2.00	9~14	5~15	≥0.85
	Cd3Co1-Co3					8~20	8~25	

注：除上述牌号外，产品中镍（Ni）、钴（Co）、锌（Zn）或镉（Cd）的含量可根据用户的特殊要求进行改变。

表 6.2.64 电池级单水氢氧化锂的质量指标（GB/T 26008—2010） 单位：%（质量分数）

项目		指标 $LiOH \cdot H_2O$-D1	$LiOH \cdot H_2O$-D2	$LiOH \cdot H_2O$-D3
$LiOH \cdot H_2O$	≥	98.0	96.0	95.0
Fe	≤	0.0008	0.0008	0.0008
K	≤	0.003	0.003	0.005
Na	≤	0.003	0.003	0.005
Ca	≤	0.005	0.005	0.01
Cu	≤	0.005	0.005	—
Mg	≤	0.005	0.005	—
Mn	≤	0.005	0.005	—
Si	≤	0.005	0.005	—
CO_3^{2-}	≤	0.7	1.0	1.0
Cl^-	≤	0.002	0.002	0.002
SO_4^{2-}	≤	0.01	0.01	0.01
盐酸不溶物	≤	0.005	0.005	0.005
外观		白色晶体，无可见夹杂物		

表 6.2.65 高纯氢氧化铟的质量指标（GB/T 23361—2009）

等级	化学成分(质量分数)/%							
	$In(OH)_2$ ≥	In ≥	Cl ≤	灼减量 ≤	杂质元素 ≤			
					Al	As	Cd	Cu
4N	99.99	68.5	0.5	16.8	0.0010	0.0005	0.0010	0.0008
5N	99.999	68.5	0.5	16.8	0.00015	0.00005	0.00005	0.00005

等级	杂质元素化学成分(质量分数)/% ≤						
	Fe	Pb	Sb	Sn	Tl	Zn	杂质总和
4N	0.0010	0.0015	0.0005	0.0012	0.0010	0.0015	0.01
5N	0.0001	0.0001	0.00005	0.00015	0.00015	0.00015	0.001

第 7 章　氰化物和氰酸盐

目　　录

7.1 氰　化　物

7.1.1 物 性 总 览

表 7.1.1　氰化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$AgCN$	氰化银	133.90	白	粉	1.685	3950	//320		0.000022[20]		+N	$+NH_4OH$		$+KCN、Na_2S_2O_3$
$Ag_4Fe(CN)_6$	亚铁氰化银	643.43	白	沉淀					−		−	$-NH_4OH$	$//NH_4OH^*$	+KCN;−铵盐
$Ag_6[Fe(CN)_6]_2$	铁氰化银	1071.12	橙黄	粉					−		−	$+NH_4OH$		+碳酸铵溶液
$Al_4[Fe(CN)_6]_3 \cdot 17H_2O$	亚铁氰化铝·17水	1049.92	浅棕	粉					÷		÷Cl //		−	
$AuCN$	氰化亚金	222.98	浅黄	晶		7120	//		−		$+Na_2SO_3$	$+NH_4OH$		+KCN;−乙醚
$Au(CN)_3 \cdot 3H_2O$	氰化金·3水	329.07	无		~		//50		++					
$Au(CN)_3 \cdot 6H_2O$	氰化金·6水	383.35	无	棱、晶			//50		++				+	
$Ba(CN)_2$	氰化钡	189.38	白	晶、鳞			(空气中分解)		80[14]/		// 浓		18[14](70%)	++KCN
$Ba_2Fe(CN)_6 \cdot 6H_2O$	亚铁氰化钡·6水	594.70	黄	单			$-4H_2O$ 40		0.17[15]	0.9	+Cl N S′			
$Ba_3[Fe(CN)_6]_2 \cdot 20H_2O$	铁氰化钡·20水	1196.20							++				−	
$Bi_3[Fe(CN)_6]_5$	铁氰化高铋	1686.71	黄	非、粉					−	//				
$Bi_4[Fe(CN)_6]_5$	亚铁氰化高铋	1895.69	淡绿-白	淀			(湿时分解)		÷					
$CaCN_2$	氰氨化钙	80.11	无	棱	不纯时灰黑	1080	↑1300		+ //	//				
$Ca(CN)_2$	氰化钙	92.12	白	晶、粉			//350		+	//				
$Ca[Fe(CN)_6]_2 \cdot 12H_2O$	铁氰化钙·12水	760.35	红	针	~				+++					
$Ca_2Fe(CN)_6 \cdot 12H_2O$	亚铁氰化钙·12水	508.30	浅黄	三			$-12H_2O$ 40		+++	++				
$Ca_3[Fe(CN)_6]_2 \cdot 10H_2O$	铁氰化钙·10水	724.30	红橙	针	≈				+				+稀	
$Cd(CN)_2$	氰化镉	164.45	白、	立	有毒	6330	// >200		1.7[15]		++	$+NH_4OH$	−	+KCN
$Cd_2Fe(CN)_6$	亚铁氰化镉	436.77	白	粉					−			$+NH_4OH$		
$Cd_3[Fe(CN)_6]_2$	铁氰化镉	761.14	淡黄	粉					−					
$4CeK[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$	亚铁氰化铈钾	1618.73	白	粉					−					
$Ce_2Fe_2(CN)_{12} \cdot 3H_2O$	铁氰化铈	758.19	褐绿	粉					+				−	
$Co(CN)_2 \cdot 2H_2O$	氰化钴·2水	147.00	淡红-肉红	非、粉	有毒	1872	$-2H_2O$ 280	// 300	÷		+Cl	$+NH_4OH$	−乙酸乙酯	①
$Co_2Fe(CN)_6 \cdot 7H_2O$	亚铁氰化钴·7水	455.93	蓝-红	非、粉					−		−Cl;+S	$÷NH_4OH$	+KCN	−氯化铵
$Co_2Fe_2(CN)_{12}$	铁氰化钴	541.77	红棕	粉					−		−	$+NH_4OH$		

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CrFe(CN)_6$	亚铁氰化亚铬	263.96	黄	非、粉										
$Co_2Fe(CN)_6 \cdot xH_2O$	亚铁氰化钴·x水		灰绿						—	—Cl		+KCN		
$Cr(CN)_3$	氰化铬	130.05	蓝绿	粉					—	+		+KCN		+过量的氯化铬溶液
$Cr_4[Fe(CN)_6]_3 \cdot 20H_2O$	亚铁氰化铬·20水	1204.19		非、粉										
$CsCN$	氰化铯	158.92	无						+					
$Cu(CN)_2 \cdot Cu_2(CN)_2$	氰化铜合氰化亚铜	294.71	绿	晶、粉			// 100		—	//	+Cl′	+NH_4OH		++KCN;+铵盐
$Cu(CN)_2$	氰化铜	115.58	黄绿	粉			// 常温		—		+	+	+氮苯	+KCN,C_5H_5N,吡啶
$Cu_2(CN)_2$	氰化亚铜	179.13	白	单	极毒	2920	474.5	红热 //	—	—	+Cl′,S*;//N	+NH_4OH	÷液氨	+KCN、铵盐溶液
$Cu_2Fe(CN)_6$	亚铁氰化铜	339.05	棕红	粉或淀					—		—	+NH_4OH		+KCN、草酸铵
$Cu_3Fe(CN)_6$	铁氰化亚铜	402.60	棕红	淀					—		—Cl	+NH_4OH		—铵盐溶液
$Cu_3[Fe(CN)_6]_2$	铁氰化铜	614.55	黄绿	粉					—		—Cl	+NH_4OH		—铵盐;+NH_4CO_3
$Cu_4Fe(CN)_6$	亚铁氰化亚铜	466.14	棕红						—			+NH_4OH		—NH_4Cl
$Fe(CN)_2$	氰化亚铁	107.89	黄棕	粉					—					+氰化钠
$Fe_2Fe(CN)_6$	亚铁氰化亚铁	323.66	白-蓝	非、粉					—		—			+KCN
$Fe_3[Fe(CN)_6]_2$	铁氰化亚铁	591.47	深蓝				//		—		—	+	—	—稀无机酸、草酸
$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	亚铁氰化铁	859.27	深蓝	粉或块		1800	//250		—	//	+Cl、S′	+	—	②
$Fe'''_4Fe''_3[Fe(CN)_6]_6$	铁氰化亚正铁	1662.70	绿				//180		—		+Cl′;//			
HCN	氰化氢	27.03	无	液	1.268	699^{22}	—14	26	++					
$Hg(CN)_2$	氰化汞	252.65	无	棱	极毒	4000	//320		9.3^{14}	53.8	+N;//S′*		+甲、乙	③
$Hg(CN)_2 \cdot HgO$	二氰氧化二汞	469.26	白	针		4437^{19}	炸		1.3	+				
H_2NCN	氨基氰	42.04	无	针		1073^{48}	44-5	$140^{2.5}$	++					++乙醇、乙醚
$HgO \cdot Hg(CN)_2$	氧氰化汞	469.21	白	针、粉		4440^{19}			÷	+				
$In(CN)_3$	三氰化铟	192.81	白						—					+HCN
$K[Ag(CN)_2]$	氰化银钾	199.01	无或白	晶			+	+					—	
$K_3Co(CN)_6$	钴氰化钾	332.35	浅黄	单		1878			÷		+Cl、N		÷	
$KAg(CN)_2$	氰化银钾		白	晶		2360			+		—		+	
$KAu(CN)_2$	氰化亚金钾	287.10		正					14.3	200			÷	—乙醚
$KAu(CN)_4 \cdot \frac{3}{2}H_2O$	氰化金钾	367.16		片			//200		+	++			+	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
KCNS	硫氰化钾	97.18	无	晶		1886	173.2	500 //	+	+			+	+丙酮
KCN	氰化钾	65.12	无	立	～　1.410	1857	563	1497	表 7.1.5	甘油 32[16]	甲醇 4.9[20]	0.9[20],1.3[100]	÷液氨	剧毒
$K_3Fe(CN)_6$	铁氰化钾	329.25	暗红	单、棱	1.569	1840	//		表 7.1.5			÷÷	−液氨；	+丙酮
$K_4Fe(CN)_6\cdot3H_2O$	亚铁氰化钾·3水	422.40	浅黄	单	1.577	1853	$-3H_2O$ 70	//>100	表 7.1.5		+丙酮	−	−液氨	−乙醚
$Li_4Fe(CN)_6\cdot9H_2O$	亚铁氰化锂·9水	401.87		晶					+	++				
$Mg_2Fe(CN)_6\cdot10H_2O$	亚铁氰化镁·10水	440.73	淡黄	针			空气中稳定		+					
$Mg_3[Fe(CN)_6]_2$	铁氰化镁	496.83	红棕	非、团					+					
$Mn_2Fe(CN)_6\cdot7H_2O$	亚铁氰化锰·7水	447.95	绿白	粉					−	+Cl				−铵盐溶液
$Mn_3Fe_2(CN)_{12}$	铁氰化锰	588.73	红棕	非、粉					−	−				−铵盐溶液
NaCN	氰化钠	49.01	白	立	～剧毒 1.452	1600	563.7	1496	表 7.1.5	×	$-NH_4OH$	÷	+液氨	
$Na_3Fe(CN)_6\cdot H_2O$	铁氰化钠·1水	298.94	红	晶	≈				18.9	67			−	
$Na_3Fe(CN)_6\cdot2H_2O$	铁氰化钠·2水	316.96	红	棱					+	++			−	
$Na_4Fe(CN)_6\cdot10H_2O$	亚铁氰化钠·10水	484.08	柠檬黄	单	风化	1458	$-10H_2O$ 82		表 7.1.5		危 6.1		−	
NH_4CN	氰化铵	44.06	无	立	很毒	1020[100]	// 36	40 ↑	+	++			+	
$(NH_4)_3Fe(CN)_6$	铁氰化铵	266.06	红	单			//		++					
$(NH_4)_3Fe(CN)_6\cdot3H_2O$	铁氰化铵·3水	320.12	红	单、棱	1.660		失水		+	+			+	
$(NH_4)_4Fe(CN)_6\cdot3H_2O$	亚铁氰化铵·3水	338.15	浅黄或绿	晶			//		+	++			−	
$Ni(CN)_2$	氰化镍	110.75	黄棕						−					+KCN
$Ni(CN)_2\cdot4H_2O$	氰化镍·4水	182.80	苹果绿	片或粉		2400[25]	$-4H_2O$ 200	//	−	−	−浓	$+NH_4OH$		÷稀 KCl；+KCN
$Ni(CN)_2\cdot2KCN\cdot H_2O$	氰化钾镍·1水	258.99	红黄	单		1875	$-H_2O$ 100		+		//			
$Ni_2Fe(CN)_6\cdot11H_2O$	亚铁氰化镍·11水	527.53	绿白	非、粉					−		−Cl	$+NH_4OH$		−铵盐；+KCN
$Ni_3Fe_3(CN)_{12}$	铁氰化镍	655.87	红棕	非、粉					−		−			
$Pb(CN)_2$	氰化铅	259.24	白	晶、粉					÷÷	÷	+N；//S	$+NH_4OH$		+铵盐、KCN
$Pb_2Fe(CN)_6\cdot3H_2O$	亚铁氰化铅·3水	680.41	白	淀	或黄-白粉		$-H_2O$ //	−		−(÷S′)	$-NH_4OH$			
$Pb_3[Fe(CN)_6]_2\cdot16H_2O$	铁氰化铅·16水	1333.77	红棕	粉					÷	//	+			
$Pd(CN)_2$	氰化亚钯	158.44	黄				//		−	−	−	$+NH_4OH$		+HCN、KCN
$Pt(CN)_2$	二氰化铂	247.13	黄棕						−	−		−		+KCN
$Sb_4[Fe(CN)_6]_3\cdot25H_2O$	亚铁氰化亚锑·25水	1573.27	白黄	胶状沉淀					−					
$SnFe(CN)_6\cdot4H_2O$	亚铁氰化锡·4水	402.71	棕	淀					−		−			
$Sn_2Fe(CN)_6\cdot4H_2O$	亚铁氰化亚锡·4水	521.40	白-淡绿	淀					−		−	$\div NH_4OH$		

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
$Sr(CN)_2 \cdot 4H_2O$	氰化锶	211.73		晶	～		//		+++					
$Sr_2Fe(CN)_6 \cdot 15H_2O$	亚铁氰化锶・15水	657.44	黄	单	风化		空气中 $-7H_2O$	+				÷		
TlCN	一氰化铊	230.41		片			//		16.8^{28}					
$Zn(CN)_2$	氰化锌	117.42	白	正、粉		1852^{20}	// 800	//	0.0005^{18}	÷	+	+	−	+KCN、热液氨
$Zn_2Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	亚铁氰化锌・3水	396.77	白						−			$-NH_4OH$	−	÷铵盐溶液
$Zn_3Fe_2(CN)_{12}$	铁氰化锌	620.06	黄棕	非、粉					−		+	$-NH_4OH$		

① 微溶于乙酸甲酯，溶于氨水、碳酸铵溶液、盐酸和氰化钾溶液。无水物为蓝紫色粉末。

② 不溶于稀矿物酸、乙醚、氢氧化铵；溶于乙二酸。

③ 不溶于苯；微溶于甘油、醚；溶于 KCN、液氨、氯化碱液。

表 7.1.2 硫氰化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
AgSCN	硫氰化银	165.95	白	淀					−		+S′,N	$+HN_4OH'$		①
$Al(SCN)_3$	硫氰化铝	201.22	白	晶、固	～				+		仅存溶液中,受热//			
$Ba(SCN)_2 \cdot 2H_2O$	硫氰化钡・2水	289.52	黄白	晶、粉	～		在空气中受热分解		+++				+++	
$Bi(SCN)_3$	硫氰化铋	383.22	暗橙红	粉					÷	//				+硫氰化合物
$Ca(SCN)_2$	硫氰化钙	156.24	白	晶、粉	～				++				++	
$Cd(SCN)_2$	硫氰化镉	228.57	白	晶					÷			$\times NH_4OH$		
$Co(SCN)_2 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	硫氰化钴・$\frac{1}{2}$水	184.10	深蓝	晶	～								+	
$Cr(SCN)_3$	硫氰化铬	226.24	暗绿或灰	非、粉			受热时退色还原为氧化铬		+		×			
$Cu(SCN)_2$	硫氰化铜	179.71	黑	晶、粉			// >100		//		×	$\times NH_4OH$		+硫氰化钾溶液
$Cu_2(SCN)_2$	硫氰化亚铜	243.26	白或灰白	非、粉			受热//		−			×		−硫氰化钾溶液
$Fe(SCN)_2$	硫氰化亚铁	172.01	绿	斜			受热时//		++				++	
$Fe(SCN)_3 \cdot 3H_2O$	硫氰化铁・3水	284.14	棕或紫	立	～				++				++	
$Hg(SCN)_2$	硫氰化汞	316.75	白或灰白	粉			受热时//		÷÷	+	+Cl*		++	②
$Hg_2(SCN)_2$	硫氰化亚汞	517.34	白	淀					−			//王水	$//H_2S$	+热硫氰化钾
KSCN	硫氰化钾	97.18	白	棱	～	1890	173.2	500 //	表 14.1.14				+	+丙醇 20.8^{22}

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
LiSCN	硫氰化锂	65.02	白	平	≈				+				+	
$Mg(SCN)_2 \cdot 4H_2O$	硫氰化镁·4水	212.52	白或无	晶	～				+				+	
$Mn(SCN)_2 \cdot 3H_2O$	硫氰化锰·3水	225.15		晶			$-3H_2O$	160～170	++				++	
NaSCN	硫氰化钠	81.06	无	斜	≈		562		+++				+++	
NH_4SCN	硫氰化铵	76.12	无或灰白	晶			159 //	189～190	表14.1.14				++	
$Ni(SCN)_2 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	硫氰化镍·$\frac{1}{2}$水	183.87	黄	晶、粉			$-\frac{1}{2}H_2O$	150	+				+	
$P(SCN)_2$	硫氰化磷	205.23		液		1625[18]	< −20	265	//		×N		+	+CS_2、苯、乙醚
$Pb(SCN)_2$	硫氰化铅	323.36	黄	单					÷÷	//				
$Pb(SCN)_2 \cdot PbO \cdot H_2O$	碱式硫氰化铅·1水	564.58	白	淀	干时 黄、粉				−					
$Sr(SCN)_2 \cdot 3H_2O$	碱式硫氰化锶·3水	257.83	白	粉			$-3H_2O$ 100	// 160	++				++	
$Zn(SCN)_2$	硫氰化锌	181.54	白	晶或粉	～				+				+	

① 不溶于硝酸银和硫氰化铵；溶于氰化钾溶液。

② 溶于 HgCl、硫氰化钾、$HgNO_3$、氰化铵；易溶于其他硫氰化合物。

表 7.1.3 氰化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
铁氰化钾	13746-66-2			不	※	※		※	K		R32	S50A
氰化汞		61001	—	不	※	※	—	※	G,T,JSJ,JR	6.1		
氰化氢	74-90-8	61003	53.32(9.8℃)	易	−17.8	538	甲	5.6/40.0	W	6.1		
氰化钙	592-01-8	61001	—	不	※	※	—	※	G,T,JSJ,JR	6.1		
氰氨化钙	156-62-7	43507	—	不	※	※	—	※	G,T,JP,JS	4.3	R22;R37;R41	S22;S26;S36/37/39
氰化钠	143-33-9	61001	0.13(817℃)	不	※	※	—	※	G,T,JSJ,JR	6.1	R26/27/28;R32;R50/53	S28A;S29;S45;S60;S61;S7
氰化钡	542-62-1	61001	—	不	※	※	—	※	G,T,JSJ,JR	6.1		
氰化钾	151-50-8	61001	—	不	※	※	—	※	G,T,JSJ,JR	6.1		
硫氰化钾	333-20-0			不	※	※		※	K		R20/21/22;R32;R52/53	S13;S61
氰化银	506-64-9	61001		不	※	※		※	S,R,G,T	6.1	R26/27/28;R32;R50/53	S28A;S29;S45;S60;S61;S7
氰化锌	557-21-1	61001	—	不	※	※	—	※	G,T,JSJ,JR	6.1	R26/27/28;R32;R50/53	S28;S29;S45;S60;S61;S7

7.1.2　密　　度

表 7.1.4　氰化物水溶液的密度（20℃）　　单位：kg/m^3

名　称	浓度(质量分数)/%										
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$K_3Fe(CN)_6$	1003	1009	1020	1031	1043	1054	1066	1077	1089	1101	1113
$K_4Fe(CN)_6$	1005	1012	1026	1040	1054	1068	1082	1097	1112		

表 7.1.5　氰化钾溶液的密度（15℃）

浓　度	密　　度			浓　度	密　　度		
(质量分数)/%	/(g/cm^3)	/(g/L)	/(mol/L)	(质量分数)/%	/(g/cm^3)	/(g/L)	/(mol/L)
1	1.0041	10.04	0.1542	10	1.0506	105.0	1.613
2	1.0092	20.18	0.3099	12	1.0612	127.3	1.955
4	1.0194	40.77	0.6261	14	1.0718	150.6	2.304
6	1.0297	61.78	0.9487	16	1.0825	173.2	2.659
8	1.0401	83.20	1.2770	18	1.0931	196.7	3.021

7.1.3　黏　　度

表 7.1.6　铁氰化钾水溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

名　　称	浓　　度/(mol/L)			
	1.0	0.5	0.25	0.125
铁氰化钾	1.0610	1.0211	1.0108	1.0082
亚铁氰化钾	1.1124	1.0514	1.0228	1.0116

7.1.4　溶　解　度

表 7.1.7　氰化物在水中的溶解度

分 子 式	名　称	在下列温度(℃)时无水氰化物在 100g 水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
KCN	氰化钾	63.0			71.6			81.0			95.0		122
$K_3Fe(CN)_6$	铁氰化钾	29.9	38.3	46.0	48.8	52.7	59.5		70.9		81.8		91.6
$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$	亚铁氰化钾·3 水	14.9	21.2	28.9		36.8	42.7		55.9	57.5	68.6	74.8	77.8
NaCN	氰化钠		48.2	58.2	63.7	71.5	81.8^{35}		82.5^{55}				
$Na_4Fe(CN)_6 \cdot 10H_2O$	亚铁氰化钠·10 水			17.9			30				59		63

表 7.1.8　氰化物在有机溶剂中的溶解度　　单位：%

分子式	名　称	溶　　剂						
		乙　醇	甲　醇	丙　酮	吡　啶	甘　油	SO_2	氨
$Hg(CN)_2$	氰化汞	9.5	44.1	10.3	65.0	21.7		
KCN	氰化钾	0.88^{20}	4.91^{20}			32^{16}	0.017^{0}	4.54^{-33}

注：右上角的数字是与其相对应的温度（℃）；未注明者为 18～25℃。

7.1.5　蒸　气　压

表 7.1.9　氰化物的蒸气压

名　称	分子式	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃						
氰化氘	DCN	−70.8	−65.6	−59.3	−53.6	−49.9	−42.6	−34.3
氰化氢	HCN		−67.5	−60.9	−54.9	−51.1	−43.5	−35.1
氰化钠	NaCN	799	844	892	932	959	1019	1084
氰化铵	NH_4CN	−52.5	−47.3	−41.0	−35.3	−31.7	−24.6	−16.6
溴化氰	CBrN	−38.0	−31.8	−24.4	−17.8	−13.6	−5.2	4.0

续表

名　称	分子式	7	10	20	40	70	101.3	熔点
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃						/℃
氰化氘	DCN	−27.0	−22.1	−11.4	3.1	16.7	26.2	−12
氰化氢	HCN	−27.5	−22.4	−11.5	3.3	16.7	25.9	−13.2
氰化钠	NaCN	1142	1181	1263	1358	1440	1497	564
氰化铵	NH_4CN	−9.6	−4.9	4.4	15.5	25.0	31.7	36
溴化氰	CBrN	12.2	17.7	28.2	40.4	52.4	61.5	58

7.1.6　比热容和热导率

表 7.1.10　铁氰化钾的比热容　　单位：J/(mol・K)

温度/K	20	40	60	80	100	150	200	250	298.2
c_p	18.3	68.4	113.2	150.5	179.3	232.2	271.0	296.8	316.0

表 7.1.11　铁氰化钾的热导率　　单位：W/(m・K)

浓度/%	0	5	10	15	20
$K_3Fe(CN)_6$	0.598	0.591	0.583	0.575	0.567

7.1.7　熔融热和汽化热

表 7.1.12　氰化物的熔融热和汽化热　　单位：kJ/mol

名 称	分子式	熔融热	汽化热	名 称	分子式	熔融热	汽化热	名 称	分子式	熔融热	汽化热
溴化氰	BrCN		181.3	氰化钠	NaCN	(18.42)	156.1	氰化氢	HCN	0.17	25.2

7.1.8　质 量 指 标

表 7.1.13　工业级铁氰化钾的质量指标（HG/T 2966—1999）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
含量[K_4 $Fe(CN)_6$](质量分数)/%	≥	99.5	99.0	98.5
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.2	0.4	0.6
亚铁氰化物(CN)(质量分数)/%	≤	0.2	0.3	0.4
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	0.03	0.03
不溶性试验		合格	合格	合格
外观		柠檬黄色单斜晶系柱状结晶或粉末		

用途：主要用于制药、照相、钢铁渗碳、印染等行业。

表 7.1.14　工业亚铁氰化钾的质量指标（HG/T 2963—1999）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
含量[K_4 $Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$]/%	≥	99.0	98.5	96.0
氯化物(以 Cl 计)/%	≤	0.30	0.40	0.50
水不溶物/%	≤	0.02	0.03	0.05
氰化物(CN)/%		—	—	—
砷(As)/%	≤	—	—	—
外观		柠檬黄色单斜晶系柱状结晶或粉末		

用途：制造颜料、涂料、油墨和印染氧化助剂等。

表 7.1.15　食用亚铁氰化钾（黄血盐钾）的质量指标（GB 25581—2010）

项　目	指　标	项　目	指　标
亚铁氰化钾[$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$](质量分数)/% ≥	99.0	砷(As)/(mg/kg) ≤	1
		氰化物	通过检验
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.3	六氯合铁(Ⅲ)酸盐	通过检验
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.02	外观	淡黄色结晶颗粒或粉末
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.2		

表 7.1.16　工业氰化钠的质量指标（GB 19306—2003，HG 3255—2001）　单位：%

项　目	指　标				
	固　体			溶　液	
	优等品	一等品	合格品	一等品	合格品
氰化钠(NaCN) ≥	98.0	94.0	87.0	30.0	30.0
氢氧化钠(NaOH) ≤	0.5	1.0	1.5	1.3	1.6
碳酸钠(Na_2CO_3) ≤	0.5	2.0	3.0	1.3	1.6
水分 ≤	0.9	2.0	—	—	—
水不溶物 ≤	0.05	0.10	0.20	—	—

注：1. 固体优等品的氢氧化钠＋碳酸钠＋水分＋甲酸钠的总质量分数应不大于 2.0%。

2. 对氰化钠溶液产品，当环境温度低于 0℃时，其氰化钠质量分数可由供需双方协商确定。

用途：作络合剂、掩蔽剂。电解铂和铬。用作各种钢的淬火剂，镀铜、银、镉、锌等的主要组分，用于提取金、银等贵重金属，也是氰化物和氢氰酸的原料。

表 7.1.17　工业亚铁氰化钠的质量指标

项　目	指　标		项　目	指　标	
	一级	二级		一级	二级
黄血盐钠(干基)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	水分 ≤	1.5	2.5
氰化物(以 NaCN 计) ≤	0.01	0.02	外观	柠檬黄色晶体	
水不溶物 ≤	0.02	0.04			

用途：用于生产盐酸普鲁卡因、普鲁卡因胺盐酸盐，对氨甲基苯甲酸、叶酸、苯佐卡因、头孢菌素 V、对氨基苯甲酰谷氨酸、贝尼尔，以及生产活性艳红 M-8B、活性红紫 X-2R 以及滤光剂、彩色胶片成色剂、金属表面除锈剂、防晒剂等。

表 7.1.18　氰氨化钙的质量指标（HG 2427—93）

项　目	指　标/%		
	优等品	一等品	合格品
总氮(N)/% ≥	20	19	17
电石(CaC_2)/% ≤	0.2	0.5	1.0
筛余物(850μm 筛)/% ≤	3	3	3
外观	纯品为无色六方晶体，含有碳等杂质时呈深灰色粉末或颗粒		

用途：为碱性肥料，也可作除草剂、杀虫剂、棉花落叶剂等。

表 7.1.19　工业氰化亚铜的质量指标（HG/T 2827—1997）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
铜(Cu)(质量分数)/% ≥	70.0	69.6	氰化物(以 CN 计)(质量分数)/% ≥	28.5	28.0
氰化亚铜(CuCN)(以 Cu 含量换算)(质量分数)/% ≥	98.6	98.0	氰化钠中不溶物(质量分数)/% ≤	0.20	0.30
			铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.02	0.04

用途：用于电镀铜及其合金。医药上作抗结核药和其他药物的原料。还可用来制造杀虫剂和其他化学药剂。用于净化熔融金属和制造防污涂料等。

7.2 氰 酸 盐

7.2.1 物 性 总 览

表 7.2.1 氰酸盐的物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ag_3Cr(CN)_6$	六氰合铬酸银	531.71	橙黄	粉				—						
$Ag_3Fe(CN)_6$	六氰合铁酸银	535.56	白	固				÷		—		+氨水		+热碳酸铵
$Ag_4Fe(CN)_6 \cdot H_2O$	六氰合铁酸银·1水	661.45	白	固				—		—	—		+KCN	
$AgOCN$	氰酸银	149.89	白	晶		4000	//		0.006^{16}	÷÷	+N	$+NH_4OH$		+KCN
$AgSCN$	硫氰酸银	165.95	白	晶			// 120		0.00002^{25}	0.00064	—	$+NH_4OH$		
$BaPt(CN)_4 \cdot 4H_2O$	氰亚铁酸钡·4水	508.72	黄绿	晶(β);黄(α)			$-2H_2O$ 100	$-4H_2O$ 150	3.3	+++				
$Ca_2Fe(CN)_6 \cdot 11H_2O$	亚铁氰化钙·11水	490.28	黄	晶粉		1680			++	++			—	—醇
$Ca_3Fe(CN)_6 \cdot 12H_2O$	铁氰化钙·12水	760.42	红	针					++	++				
$CaFe(CN)_6 \cdot 12H_2O$	氰亚铁酸钙·12水	508.31	黄	三	1.582	1700	//		86.8^{25}	150^{90}			—	
$CdFe(CN)_6$	氰亚铁酸镉	436.78							—		+Cl			
$Co_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁酸钴	600.71	红	晶					—	—	—Cl			+氨水
$Co_2[Fe(CN)_6]_2$	氰铁酸亚钴	600.74	红						—		—Cl	$+NH_4OH$		
$Co_2Fe(CN)_5 \cdot 7H_2O$	氰亚铁酸钴·7水	455.95	浅绿						—		—Cl			+KCN
$CuFe(CN)_5(NO) \cdot 2H_2O$	硝普铜·2水	315.52	浅绿										—	
$Cu_2Fe(CN)_6 \cdot 7H_2O$	氰亚铁酸铜·7水	465.16	红棕	粉	毒				—	—	—	$+NH_4OH$		—液氨
$Cu_3Fe(CN)_6$	氰铁酸亚铜	402.59	棕红						—		—Cl	$+NH_4OH$		
$Cu_3[Fe(Cu)_6]_2$	氰铁酸铜	614.55	黄绿						—		—Cl	$+NH_4OH$		
$Cu_4Fe(CN)_6$	氰亚铁酸亚铜	466.13	棕红						—	—				
$Fe_7[Fe(CN)_6]_6$	氰铁酸亚铁	1662.70	绿				// 180		—		+Cl*			
$Gd_2[Pt(CN)_4]s \cdot 18H_2O$	四氰合亚铂酸钆·18水	1536.26	红	晶					+					
$Hg(CNO)_2$	氰酸汞	284.65	无	立		4420	炸		÷			$+NH_4OH$	+	
$KAg(CN)_2$	二氰络银酸钾	199.01	无	六	1.625	2360			25^{20}	100			0.048	
$K[Au(CN)_2]$	氰化金酸钾	288.10	白	晶		3450							—	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$K_2[Cu(CN)_4]\cdot 2H_2O$	四氰合铜酸钾·2水	281.82	紫	晶										
KOCN	氰酸钾	258.97	黄红	单		1875^{11}	$-H_2O$ 100		//		//			
$K_2[Pt(CN)_4]\cdot 3H_2O$	四氰合亚铂酸钾·3水	431.40	无或黄	斜		2455^{16}			÷	+			÷	÷乙醚和硫酸
$K_2[Pd(CN)_4]\cdot 3H_2O$	四氰合钯酸钾·3水	342.71	白	晶					++				÷	
KSeCN	硒氰酸钾	144.07	白	晶	～	2347	147	// 100	+	+	//		+	+乙醚
$K_2Fe(CN)_5NO\cdot 2H_2O$	硝普钾·2水	330.17	红	单					100^{16}			+丙酮	+	
$K_2Ni(CN)_4\cdot H_2O$	氰镍酸钾·1水	81.12	白	四		2048	// >700		75^{25}	+//			÷÷	
$K_4Ni_2(CN)_6$	六氰合二镍酸钾	429.9	深红	固					++	++			−	
$K_2Pt(CN)_4\cdot 3H_2O$	氰亚铂酸钾·3水	431.41	黄	正	1.620	2450	$-3H_2O$ 100		÷	++			+	
$K_2Pt(SeCN)_6$	六硒化氰酸根络四价铂酸钾	903.29		正		3378^{12}	// 80							
$K_3Co(CN)_6$	氰高钴酸钾	332.34	黄	单		1906	//		+++				−	
$K_4Co(CN_6)$	氰钴酸钾	371.43	红棕	晶					+				−	−乙醚
$K_4Fe(CN)_6\cdot 3H_2O$	氰亚铁酸钾·3水	422.39	黄	单	1.5772	1853^{17}	$-3H_2O$ 70		15	74.5		+	−	−液氨
$Mg_2Fe(CN)_6\cdot 12H_2O$	氰亚铁酸镁·12水	476.79	苍黄						33		−Cl	$+NH_4OH$		
$Mn_2Fe(CN)_6\cdot 7H_2O$	氰亚铁酸锰·7水	447.93	浅绿	粉					−					−铵盐溶液
NaOCN	氰酸钠	65.01	无	针	1.389	1937^{20}	550		10.7^{16}	+			÷	÷乙醚、苯、氨
$Na_2Fe(CN)_5NO\cdot 2H_2O$	硝普钠·2水	297.97	红	正		1720			40^{16}					
$Na_3Fe(CN)_6\cdot H_2O$	氰铁酸钠·1水	298.97	红						18.9	67	+Cl		−	
$Na_4Fe(CN)_6\cdot 10H_2O$	氰亚铁酸钠·10水	484.11	黄	单		1458			31.85^{20}	156.5^{98}			−	
$Na_3Fe(CN)_5NH_3\cdot 3H_2O$	五氰一氨合铁酸钠·3水	325.98	黄	晶					+	+				
NaOCN	氰酸钠	65.01	白或灰白	晶		1937	550		−	−			−	
NaSCN	硫氰酸钠	81.07	白	斜方晶或粉		1735	287		++				++	++丙酮
$Na_2[Pt(CN)_4]\cdot 3H_2O$	四氰合亚铂酸钠·3水	399.19	无	晶		2646			+				+	
$NH_4Au(CN)_2$	氰亚金酸铵	267.04	无	立			//		+	+	×			
$NH_4Au(CN)_4\cdot H_2O$	氰金酸铵·1水	337.09		片			// 200		+++	+		+	+	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$NH_4[Cr(NH_3)_2(SCN)_4]\cdot H_2O$	四硫氰基二氨合铬酸铵	354.42	暗红	固					÷	+			+	
$(NH_4)_4Fe(CN)_6\cdot 6H_2O$	氰亚铁酸氨·6水	392.21		单			//		÷		−Cl	$+NH_4OH$	−	
$(NH_4)_2[Pt(CN)_4]\cdot H_2O$	四氰合亚铂酸铵·1水	353.61	黄	晶					+					
NH_4SCN	硫氰酸铵	76.12	无	斜		1306	149.6		+	++		+液氨	+	+丙酮,液态SO_2
NH_4OCN	氰酸铵	60.06	白	晶		1342^{20}	// 60		++	//			÷	−乙醚
$Ni_2Fe(CN)_6\cdot 11H_2O$	氰亚铁酸镍·11水	527.51	浅绿						−					+KCN
$Pb(CNO)_2$	氰酸铅	291.25	白	晶			//		−	÷				
$Pb_2Fe(CN)_6\cdot 3H_2O$	氰亚铁酸铅·3水	680.43	浅黄	粉			//		−					
$Pb_3[Fe(CN)_6]_2\cdot 6H_2O$	氰铁酸铅·6水	1153.64	红	晶			//		÷	+	÷S			
$Sn_2Fe(CN)_6$	氰亚铁酸亚锡	449.36	白						−		+N			
$Sn_3[Fe(CN)_6]_2$	氰铁酸亚锡	780.02	白				//		−		+Cl*	+		
$Sr_2Fe(CN)_6\cdot 15H_2O$	氰亚铁酸锶·15水	657.46	黄	单					50	100	// Cl			
$Th[Pt(CN)_4]_2\cdot 16H_2O$	氰铂酸钍·16水	1118.98	黄绿	正		2460			÷	+				
$Tl_4Fe(CN)_6\cdot 2H_2O$	氰亚铁酸亚铊·2水	1065.55	黄	三		4641			0.37^{18}	3.93^{101}				
$Zn_2Fe(CN)_6$	六氰合铁酸锌	342.69	白	粉		1850^{25}			−		−稀			+过量氢氧化钾
$Zn_2Fe(CN)_6\cdot 3H_2O$	六氰铁酸锌·3水	396.77	白	粉			//		−	−			−	÷液氨

表 7.2.2　氰酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
氰酸钠	917-61-3			不	※	※		※	W,P,R,G,T		R22;R52/53	S24/25;S61
氰酸钾	590-28-3	无	—	不	※	※	—	※	W,P,T,JSJ	6.1	R22	S24/25
硫氰酸钠	540-72-7			助	※	※		※	P,R,G,T		R20/21/22;R32;R52/53	S13;S61
硫氰酸铵	1762-95-4			不	※	※		※	W,P,R,G,T		R20/21/22;R32;R52/53	S13;S61

7.2.2 溶　解　度

表 7.2.3　氰酸钠在液氨中的溶解度　　单位：g/100g 氨

温度/℃	−20	−10	0	10	15	25	35	45
S	1.73	1.50	1.35	1.35	1.5	0.98	0.85	0.72

注：氰酸钠 16℃时，在 100g 水中的溶解度为 10.7g。

表 7.2.4　铁合氰酸盐在水中的溶解度　　单位：g/100g 氨

名　称	分子式	温　度/℃				
		0	10	20	30	40
六氰合铁(Ⅲ)酸钾	$K_3[Fe(CN)_6]$	29.9	38.3	46.0	52.7	59.5
六氰合铁(Ⅱ)酸钾・3 水	$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$	14.9	21.2	28.9	36.8	42.7
六氰合铁(Ⅱ)酸钾・10 水	$Na_4[Fe(CN)_6] \cdot 10H_2O$			17.9		
名　称	分子式	温　度/℃				
		60	70	80	90	100
六氰合铁(Ⅲ)酸钾	$K_3[Fe(CN)_6]$	70.9		81.8		91.6
六氰合铁(Ⅱ)酸钾・3 水	$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$	55.9	57.5	68.6	74.8	77.8
六氰合铁(Ⅱ)酸钾・10 水	$Na_4[Fe(CN)_6] \cdot 10H_2O$			59		63

7.2.3 比热容和热导率

表 7.2.5　六氰铁（Ⅲ）酸钾水溶液的热导率（20℃）　　单位：J/(mol・K)

温度/K	20	40	60	80	100	150	200	250	298.2
c_p	18.3	68.4	113.2	150.5	179.3	232.2	271.0	296.8	316.0

表 7.2.6　氰铁酸钾水溶液的热导率（20℃）　　单位：W/(m・K)

浓度/%	0	5	10	15	20
热导率	0.598	0.591	0.583	0.575	0.567

表 7.2.7　六氰铁（Ⅲ）酸钾水溶液的热导率（20℃）　　单位：W/(m・K)

浓度/%	0	5	10	15	20
热导率	0.598	0.591	0.583	0.575	0.567

7.2.4 质 量 指 标

表 7.2.8　工业六氰合铁酸三钾（赤血盐钾）的质量指标（HG/T 2966—2009）

项　目	指　标		
	合格品	一等品	企业优等品
六氰合铁酸三钾[$K_3Fe(CN)_6$](质量分数)/%　≥	98.50	99.0	99.50
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%　≤	0.30	0.20	0.10
六氰合铁(Ⅱ)酸盐[$K_4Fe(CN)_6$](质量分数)/%　≤	0.40	0.30	0.20
水中不溶物(质量分数)/%　≤	0.03	0.02	0.01

注：可根据客商要求生产特殊品规的赤血盐钾。

用途：主要用于微电子、感光材料、制药、染料、冶金、电镀、制革以及重金属的提纯，精细化工等行业。

表 7.2.9 工业六氰合铁酸四钾（黄血盐钾）的质量指标（HG/T 2963—2009）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
六氰合铁酸四钾[$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$](质量分数)/% ≥	99.0	98.5	96.0
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	0.3	0.4	0.5
水不溶物(质量分数)/%	0.01	0.05	0.05
钠(Na)(质量分数)/%	0.3	0.4	0.5
外观	黄色晶体粉末		

用途：用于食盐中作抗结块剂。葡萄酒酿造、大豆蛋白提纯中作为除铁、铜、锌等重金属离子；用于化学工业中铁蓝和赤血盐钾的制造及医药、冶金等行业；试剂用电子纯，主要用于微电子、航空航天、生物工程等高科技领域。

表 7.2.10 试剂用六氰合铁三酸钾的质量指标（GB/T 644—93）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$K_3Fe(CN)_6$含量(质量分数)/% ≥	99.5	99.0	硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.02	—
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02	六氰合铁(Ⅱ)酸盐 $Fe(CN)_2$ ≤	0.02	0.1

表 7.2.11 食用六氰合铁酸四钾（黄血盐钾）的质量指标（HG 2918—1999）

项目	指标	项目	指标
六氰合铁酸四钾[$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$](质量分数)/% ≥	99.0	六氯合铁(Ⅲ)酸盐	通过实验
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.40	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0001
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.03	外观	浅黄色结晶颗粒或粉末
氰化物	通过试验		

第8章　氮化物和硝酸盐

目　　录

8.1 氮　化　物

8.1.1 物 性 总 览

表 8.1.1 氮化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgN_3	三氮化银	149.90	白	斜		5100	252	297	−	0.01	+N	÷NH_4OH		+KCN
Al_2N_2	氮化铝	81.96	淡黄	六		3050	2200^{404}	>2200	×		×	+//	×	
BaN	叠氮化钡	221.41	白	单斜棱		2936	//219	炸	+				÷	−乙醚
$BaN_6 \cdot H_2O$	叠氮化钡·1水	239.42		晶			炸		+++	+++			÷纯	−乙醚
$Be(N_3)_2$	叠氮化铍	93.5	白	固			炸							
BN	氮化硼	24.82	白	六、立	1.74	2250	↑ 3000	5067	−	/	÷热	×热		
$Ca(N_3)_2$	氮化钙	124.10	无	正	1.74	3031	//		//		//			+热 HNO_3
Ca_3N_2	二氮化三钙	148.25	棕黑	六、立		2630^{17}	1195		//		+			−苯、无水乙醇
CrN	氮化铬	66.00	黑	立		5800^{25}		→Cr_2O_3	−		×S	−		×王水、无水 HCl
Cu_3N	一氮化三铜	204.63	暗绿	粉		5840	//300		//		//			
$Cu(N_3)_2$	叠氮化铜	147.59	棕或棕黄	晶		2600			—	—	+			
CsN_3	叠氮化铯	174.93	无	针	~		310		+	+			+	—乙醚
Fe_2N	一氮化二铁	125.71	灰			6350	200	//>560	//		+Cl.S			
Ge_3N_4	四氮化三锗	273.80	褐	粉		5250			−		−	−		
HfN	氮化铪	192.50	灰	立粉	相当稳定	3307					×浓 S	×HF		×王水
HgN_3	叠氮化亚汞	242.63	白	晶			炸 245		0.025//					
Hg_3N_2	二氮化三汞	629.78	棕	粉			炸		//		//	+NH_4OH		+氨盐溶液
HN_3	叠氮化氢	43.03	无	液			−80	37	∞				∞	
KN_3	叠氮化钾	81.12	无	四	遇热及猛击能炸	2040	350		46.5^{10}	100			0.138^{16}	−乙醚
K_2N	氮化钾	131.31	淡绿黑				//		//					
Li_3N	氮化锂	34.83	红棕	六、立		1380	845		→NH_3+LiOH					
LiN_3	叠氮化锂	48.96	无	晶	~	1088		103	+	+			+	
$Mg(N_3)_2$	叠氮镁	108.35	黄绿	晶	剧毒　易炸	1840			+					

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Mg_3N_2	二氮化三镁	100.93	淡黄绿	立		2710		//1500	—	//	×	×	—	
NaN_3	叠氮化钠	65.01	白	三、六	剧毒	1850		//275	表 8.1.1.1				÷	—乙醚；÷苯
Na_3N	一氮化三钠	83.00	灰				//		//					
NbN	氮化铌	106.91	亮灰	六、立		8400	2300//		—		—	＋热		—王水；×HNO_3；＋HF
NH_4N_3	叠氮化铵	60.06	无	片		1346	160	134 炸	20.2					—苯、乙醚
PbN	叠氮化铅	291.24	无	针、粉			炸 350		0.023^{18}	0.05		—NH_4OH		＋＋乙酸
$Pb(N_3)_2$	叠氮化铅	291.24	无	针、粉		4800	炸 350		0.023^{18}	0.05		—NH_4OH		＋＋乙酸
P_3N_5	五氮化三磷	162.98	白	固	无臭　无味	2510^{18}	//		—	÷//				—普通溶剂
PON	氮氧化磷	60.99	白	无					—	—	—	—		
RbN_3	叠氮化铷	127.49	无	针或片		2787.6							＋	—乙醚
S_4N_4	四氮化四硫	184.28	黄或橙	晶		2240^{18}	//178	185	—				＋＋	
Se_4N_4	四氮化四硒	371.87	橙黄	固			炸＞160		—	—		÷CS_2	÷	①
Si_3N_4	四氮化三硅	140.28	灰白	六	高温稳定	3440	1900↑		—		—	＋沸		
TaN	氮化钽	194.95	青灰	六		14360	2990//		—		—Cl,N′	÷S*	—HF	×(HNO_3＋HF)
Ta_3N_5	五氮化三钽	612.68	红	无			着火		—		—			＋(HNO_3＋HF)
TiN	氮化钛	61.91	淡黄棕	立		5480	2950	1800//	—		—Cl*,N,S	＋	×王水*	×KOH′、HF
TlN_3	叠氮化亚铊	246.41	苍黄	四			334		÷					
UN	氮化铀	252.04	浅灰	粉		14310	2630			×	＋N	—Cl、S	—NaOH	＋浓高氯酸或热磷酸
VN	一氮化钒	64.96	灰棕	粉		5630	2050		—					
Zn_3N_2	二氮化三锌	224.16	蓝灰			6220			//		//			
ZrN	氮化锆	105.23	淡黄绿	立		7090	2990		—		÷热浓			

① 不溶于乙酸、乙醚，稍溶于二硫化碳，苯，冰乙酸；÷王水、(HNO_3＋HF)。

表 8.1.2　氮化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
三氮化银	13863-88-2			易	—	—	甲	—	W,JS			
叠氮化钠	26628-22-8	61033	—	可	—	—	甲	—	W,P,R,JS	6.1	R28;R32;R50/53	S28A;S45;S60;S61
叠氮镁	39108-12-8	11005		易	—	—	爆炸品	—	W,P,JS	1		

8.1.2 密　　度

表 8.1.3　氮化物水溶液的密度和浓度（20℃）　　　　单位：kg/m^3

名称	浓度(质量分数)/%													
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	30
KN_3	1004	1009	1021	1032	1043	1055	1067	1079	1091	1104	1116	1129	1142	1181
NaN_3	1004	1010	1022	1034	1047	1059	1072	1085	1099	1112	1126	1140	1150	1202

8.1.3 比　热　容

表 8.1.4　氮化物的比热容　　　　单位：J/(kg·K)

名称	温　　度/K											
	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	450
AlN		0.021^{50}	0.037	0.082	0.139	0.305	0.471	0.620	0.740	0.850	0.926	0.978
BN	0.011	0.043	0.095	0.156	0.216	0.353	0.505	0.658	0.806			
BN*									0.791	0.934	1.059	1.169
TiN			0.053	0.112	0.174	0.322	0.442	0.532	0.601			
TiN									0.602	0.664	0.706	0.735
UN	0.008	0.041	0.065	0.086	0.094	0.137	0.163	0.179	0.190	0.198		
UN*								0.180^{280}	0.186	0.198	0.207	0.213
ZrN			0.063	0.108	0.148	0.235	0.302	0.350	0.384			
ZrN*									0.386	0.409	0.426	0.438

名称	温　　度/K											
	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100
AlN	1.016	1.045	1.069	1.088	1.104	1.118	1.130	1.141	1.150	1.159	1.167	1.181
BN	1.295	1.350	1.421	1.478	1.534	1.584	1.630	1.675	1.721	1.755	1.788	1.839
HfN	0.244	0.255	0.265	0.274	0.284	0.292	0.300	0.307	0.313	0.318	0.322	0.327
TaN	0.216	0.219	0.220	0.221	0.221	0.220	0.218	0.216	0.214	0.213	0.211	0.209
TiN	0.757	0.774	0.788	0.799	0.809	0.817	0.825	0.832	0.838	0.844	0.849	0.859
UN*	0.218	0.221	0.224	0.226	0.228	0.230	0.232	0.233	0.235	0.236	0.238	0.240
ZrN*	0.448	0.456	0.463	0.469	0.474	0.479	0.484	0.489	0.493	0.497	0.502	0.510

名称	温　　度/K											
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2200	2400	2600
AlN	1.194											
BN	1.890	1.923	1.957	1.974	1.974	1.974						
HfN	0.328	0.327	0.326	0.326	0.326	0.327	0.326	0.320	0.309	0.293	0.276	0.265
TaN	0.209	0.213	0.221	0.232	0.245	0.258	0.272	0.289	0.310	0.333	0.356	0.373
TiN	0.868	0.876	0.884	0.892	0.899	0.906	0.914					
TiN*								0.617^{2100}	0.859^{2200}	1.060^{2300}	0.939^{2400}	0.994^{2500}

续表

名称	温　度/K											
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2200	2400	2600
UN*	0.243	0.245	0.247									
ZrN*	0.517	0.525	0.532	0.539	0.546	0.553						

注：材质状态如下：

（1）AlN：试件成分为98.92%AIN，1.08%Al_2O_3，0.01%～0.05%Fe，0.01%Si，<0.001%Ca、Mg 和 Cu 以及 Cr <0.0001%。

（2）BN*：试件成分为56.85%N 和42.81%B。

（3）HfN：试件湿分析成分为95.4%Hf，6.61%N_2，0.9%O_2，热压成形，密度为10.8g/cm^3。

（4）TaN：试件在暴露前成分为95.7%Ta、3.5%N、0.3%Fe、0.2%Si、0.13%C 和0.1Mg。暴露后成分为95.5% Ta、3.1%N 和0.95%C。热压成形。暴露后在25℃下的表观密度为13.4g/cm^3，真实密度为14.6g/cm^3。

（5）TiN：试件成分为99.5%TiN，其余为SiN。其制备过程是，纯N_2和H_2气流流过1400℃的金属Ti。

（6）TiN*：试件成分为99.6%Ti，其余为SiN。其制备过程是，在1000℃下的纯N_2和H_2中加热钼粉末Ti，并在1100℃下保持10h，密度为5.2g/cm^3。

（7）UN：试件杂质为5.24%N_2和少许UO_2，试件是在1540℃、68.95MPa 压力下热压2h 而成。

（8）UN*：试件成分为95.46%UN、3.36%UO、1.14%UC 以及0.046%Fe。

（9）ZrN：试件成分为86.75%Zr、1.35%Hf。

（10）ZrN*：试件成分为86.75%Zr、1.35%Hf。

8.1.4　热　导　率

表8.1.5　氮化物的热导率　　　　单位：W/(m·K)

名称	温　度/K												
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
AlN			29.62	26.62	24.62	23.10	21.99	20.85	19.80				
BN									32.19	28.53	28.27	24.42	23.24
HfN				10.94	9.46	9.34	10.12	11.43	12.94	14.46	15.71	16.41	16.45
SiN				7.641	7.736	8.255	4.784	5.028	5.930	5.917	5.924	5.027	4.660
TaN								10.09	11.58	14.12	18.10	22.05	25.05
TiN	29.06[360]	29.36	22.90	16.63	12.65	9.890	7.642	6.647	6.467	7.598			
UN	13.24	13.98	14.56	15.31	16.09	16.80	17.61	18.42	19.18	19.75	20.56		
ZrN				10.91	9.953	10.51	11.73	12.80	12.90				

名称	温　度/K												
	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800
BN	23.24	23.24	22.66	22.08	20.92	18.85							
HfN	18.10	15.95	16.64	18.35	20.76	23.52	26.53						
SiN	7.583	7.102	6.935	7.061	6.870	6.789							
TaN	26.87	27.62	27.60	27.24	27.02	27.38	28.59	30.74	33.56	36.34	37.49	36.44	32.84

注：材质状态如下。

（1）AlN：试件成分为64.8%Al、32.8%N、0.4%Si 和0.1%Fe。将粉末在2273K 下用石墨模压制而成，压力为34.5MPa。试件尺寸为7.6cm×1.3cm×0.6cm。堆积密度为3.20g/cm^3。

（2）BN：试件长1.9cm，外径1.9cm，内径0.6cm，研磨和抛光以消除表面伤痕。

（3）HfN：试件是在3867K 下热压成形的。成分为95.4%Hf，6.61%N_2和0.9%O_2（湿分析），密度为10.89g/cm^3。

（4）SiN：试件杂质有0.05%Ca、0.01%Cu、0.01%Mg、0.3%Al、1.5%Fe、0.01%Ti 以及微量Be、Na 和Mn。试件长1.9cm，外径1.9cm，内径0.6cm，密度为2.38g/cm^3。

（5）TaN：试件长1.9cm，外径1.9cm，内径0.6cm。通过研磨和抛光来清除表面伤痕，然后在1422K 下热浸处理。

（6）TiN：试件初始成分为77.5%Ti、18%N、1.0%Ca、0.2%H、0.3%C、0.1%Fe 和0.1%SiO_2，烘烤（2100℃）后成分为77.8%Ti、18.2%N、2.6%O。试件为16.4cm^3。总孔率为19.0%，烘烤收缩率为9%。

（7）UN：试件直径2.5cm，厚度0.6cm。

（8）ZrN：试件长1.9cm，外径1.9cm，内径0.6cm，加压烧结而成，密度为6.84g/cm^3，在2928K 下损坏。

8.1.5 质量指标

表 8.1.6 试剂用氨水的质量指标（GB/T 631—2007） 单位：%(质量分数)

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
含量(NH_4)	⩾	25～28	25～28	镁(Mg)	⩽	0.0001	0.0005
蒸发残渣	⩽	0.002	0.004	钾(K)	⩽	0.0001	—
氯化物(以 Cl 计)	⩽	0.00005	0.0001	钙(Ca)	⩽	0.0001	0.0005
硫化物(以 S 计)	⩽	0.00002	0.00005	铁(Fe)	⩽	0.00002	0.00005
硫酸盐(以 SO_4 计)	⩽	0.0002	0.0005	铜(Cu)	⩽	0.00001	0.00002
碳酸盐(以 CO_3 计)	⩽	0.001	0.002	铅(Pb)	⩽	0.00005	0.0001
磷酸盐(以 PO_4 计)	⩽	0.0001	0.0002	还原高锰酸钾物质(以 O 计)	⩽	0.0008	0.0008
钠(Na)	⩽	0.0005	—	外观		无色透明溶液	

表 8.1.7 工业叠氮化钠的质量指标（HG/T 3581—1999） 单位：%(质量分数)

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
主含量(以 NaN_3 计)	⩾	99.0	98.0	96.0
氢氧化钠(NaOH)	⩽	0.1	0.3	0.8
碳酸钠(Na_2CO_3)	⩽	0.25	0.6	1.5
水不溶物	⩽	0.2	0.2	0.5
氯化物	⩽	无	—	—
硫酸盐(以 Na_2SO_4 计)	⩽	0.1	—	—
硝酸盐	⩽	无	—	—
铁(Fe)	⩽	0.05	—	—
水分	⩽	0.5	1.0	1.5
重金属(以 Pb 计)	⩽	0.001	—	—

用途：用于生产盐酸普鲁卡因、普鲁卡因胺盐酸盐，对氨甲基苯甲酸、叶酸、苯佐卡因、头孢菌素 V、对氨基苯甲酰谷氨酸、贝尼尔，以及生产活性艳红 M-8B、活性红紫 X-2R 和滤光剂、彩色胶片成色剂、金属表面除锈剂、防晒剂等。

表 8.1.8 工业叠氮化钠的质量指标（GB 26754—2011） 单位：%(质量分数)

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
叠氮化钠(以 NaN_3 计)	⩾	99.0	98.5	98.0
氢氧化钠(NaOH)	⩽	0.15	0.3	0.5
碳酸钠(Na_2CO_3)	⩽	0.35	0.05	—
水不溶物	⩽	0.1	0.2	—
氯化物(以 Cl 计)	⩽	0.01	—	—
硫酸盐(以 SO_4 计)	⩽	0.1	—	—
硝酸盐(以 NO_3 计)	⩽	0.05	—	—
铁(Fe)	⩽	0.05	—	—
水分	⩽	0.15	0.5	1.0
重金属(以 Pb 计)	⩽	0.001	—	—
外观		白色结晶或掺有微带浅黄色粉末的混合物，无目视可见杂质		

8.2　硝　酸　盐

8.2.1　物 性 总 览

表 8.2.1　硝酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$AgNO_2$	亚硝酸银	153.88	黄	斜(或白、粉)		4453	//140～150		表 8.2.22		+N		−	+++ 液氨;+丙酮
$AgNO_3$	硝酸银	169.88	无	斜	苦味　1.744	4352^{19}	212	444 //	表 8.2.22			+++	2.1^{20}	①
$Ag_2(NO)_2$	连二次硝酸・银	257.78	黄			5750^{30}	// 110		÷		//			
$AlNO_3$	硝酸铝	88.99	无	斜		1250	73.5		++		++N		++	++丙酮
$Al(NO_3)_3$	硝酸铝	213.14	无	斜	≈			//70	++			÷丙酮	++	++ CS_2;−乙酸乙酯
$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸铝・9	375.14	无	斜	～　1.540		73.5	// 150	表 8.2.22		+	+	100	+CS_2、丙酮
$Ba(NO_2)_2$	亚硝酸钡	229.35	无	六		3230^{23}	220 //		6.75^{20}	300			÷	
$Ba(NO_2)_2 \cdot H_2O$	亚硝酸钡・1水	247.37	淡黄	晶、粉		3173^{20}	// 115		表 8.2.22				+稀	−纯醇、丙酮
$Ba(NO_3)_2$	硝酸钡	261.35	无	八(或白、粉)	1.572	3244^{23}	595	//	表 8.2.22		÷Cl、N	÷÷稀乙酸	+稀	−浓硝酸;丙酮
$Be(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸铍・4水	205.07	无	晶	～	1557	61	→BeO 320	表 8.2.22				++	−丙酮
$Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$	硝酸铋・5水	485.08	无	三、斜	～	2820	// 30	$-5H_2O$ 80	表 8.2.22		++N;//Cl	+丙酮 42^{19}	−	+甘油;++其结晶水
$BiNO_5H_2 \cdot BiO$	次硝酸铋	1461.98	白	粉	刺激～	4928	260		−		+N;Cl		−	+稀硫酸和乙酸
$BiONO_3 \cdot H_2O$	硝酸氧铋・1水	305.00		六、片		4928^{15}	$-H_2O$ 105	$-HNO_3$	−	−	+		−	
$xBi_2O_3 \cdot yN_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式硝酸铋・z水		无	晶	光泽　硝酸气	4900	260 //		//		+		−	②
$Ca(NO_2)_2 \cdot H_2O$	亚硝酸钙・1水	150.11	微黄	六	～	2230^{34}	$-H_2O$ 100		77	417^{90}		÷	+(90%)	
$CaN_2O_2 \cdot 4H_2O$	次亚硝酸钙・4水	172.15	白	晶		1843	// 320							
$Ca(NO_3)_2$	硝酸钙	164.09	白	粉	≈	2360	561 //	//	表 8.2.22		+丙酮	+液氨	14^{15}	−乙醚;+戊基乙醇
$Ca(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	硝酸钙・3水	218.14	无	三		2504^{18}	51.1							

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸钙·4水	236.15	无	单	≈ 1.498	1820	42.7	$-4H_2O$ 100	表8.2.22		−N		+甲、乙	+冰乙酸、丙酮、液氨
$Cd(NO_3)_2$	硝酸镉	236.43	白	针、毒	~	2455	59.4	132	表8.2.22		−N′	+乙酸乙酯	++	+丙酮、液氨
$Cd(NO_2)_2.H_2O$	亚硝酸镉·1水	222.45	黄	晶、团	~				+					
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸镉·4水	308.47	无	针	≈	2455^{17}	59.4	132	表8.2.22		−N	+液氨	++	+乙酸乙酯
$CdO \cdot \frac{1}{2}N_2O_3$	碱式亚硝酸镉	166.42	白	非、粉					−			0.138^{16}		
$Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸铈·6水	434.22	无	晶	~		$-3H_2O$ 150	// 200	176^{25}	282^{50}			50	+丙酮
$Ce(OH)(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$	硝酸羟高铈·3水	397.21	红	单					表8.2.22					
$Co(NO_2)_2 \cdot 3KNO_2$	亚硝酸高钴钾	314.26	黄	粉					÷		//Cl	//	−	÷游离乙酸
$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸钴·6水	291.05	红	棱	低毒 ~1.40	1883	55	$-3H_2O$ 55	表8.2.22		÷N		100^{12}	③
$xCoO_2 \cdot yN_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式硝酸钴·z水		蓝	非、粉					−		+N			
$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸铬·9水	400.15	暗紫	斜			37	// 125	+++			+丙酮	+++	+其37℃结晶水
$Cr(NO_3)_3 \cdot 7\frac{1}{2}H_2O$	硝酸铬·7½水	373.15	红紫	单			100	//	+	+				
$Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸铬·9水	400.15	红紫	棱			36.5	// 100	+	+	+	+	+	+丙酮
$CsNO_3$	硝酸铯	194.91	白	六、立	1.55	3690^{28}	414		表8.2.22				+纯	+丙酮
$Cu(NO_2)_2$	亚硝酸铜	155.57	绿	粉			很不稳定 仅存溶液中							
$Cu(NO_2)_2 \cdot 3Cu(OH)_2$	碱式亚硝酸铜	448.22	绿	粉			// 120		−	//	++	$+NH_4OH$	÷	
$Cu(NO_3)_2$	硝酸铜	187.57	白	粉	~		//红热时		表8.2.22		//Cl			
$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	硝酸铜·3水	241.63	深蓝	晶	≈	2047^{4}	114.5	$-HNO_3$ 170	表8.2.22		+N(中浓度)	$++NH_3$	100^{12}	+其145°结晶水、液氨
$Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸铜·6水	295.68	蓝	正	≈	2074	$-3H_2O$ 26.4	// 65	表8.2.22				+	+其26℃结晶水
$4CuO \cdot N_2O_3 \cdot 3H_2O$	碱式亚硝酸铜·3水	478.27		羽或针					÷	//(沸)	+	$+NH_4OH$	÷	
$4CuO \cdot N_2O_5 \cdot 3H_2O$	碱式硝酸铜·3水	480.26	绿	粉或片			高温时分解			−	++			
$CsNO_2$	亚硝酸铯	178.92	黄	晶					+++	+++				
$CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_3$	碱式硫酸铜	452.27	绿	单	1.728	3780	// 300		−		+			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Dy(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸镝(Ⅲ)·6水	456.61	浅绿	粒晶	≈			83	+				+醇	
$Er(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸铒·6水	461.32	红	晶					+				+	+乙醚,丙酮
$Eu(NO_3)3 \cdot 6H_2O$	硝酸铕·6水	446.02	浅红	粒晶	≈				+				+	
$Fe(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸亚铁·6水	287.96	绿	斜			60.5 //		表8.2.22					
$Fe(NO_3)_3 \cdot Fe(OH)_3$	碱式硝酸铁	348.76	棕	粉					÷÷					
$Fe(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸铁·6水	349.92	无或淡紫蓝	正	～	1684	35	//	表8.2.22				+	+丙酮
$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸铁·9水	403.94	苍紫	单	～	1684	47.2	// 125	表8.2.22		+N*		+++	④
$Ga(NO_3)_3$	硝酸镓	255.74		晶粉	～		// 110		+++	+++			+	−乙醚
$Ga(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸镓·9水	417.89	无	晶	透明　≈			// 102	295		危5.1		+	−乙醚
$Gd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸钆·6水	451.31	白	三	～	2332	91	// 200	+++	+++			++	
$Ga(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸钆·9水	502.33	无	晶	透明　≈		>102℃脱水	$-9H_2O$ 170	295g/100g				+	−乙醚
$HgNO_3 \cdot H_2O$	硝酸亚汞·1水	280.63	白	单		4785[4]	70	炸	+//	//	+N;×N′		−	−乙醚;$+CS_2$
$Hg(NO_3)_2$	硝酸汞	324.63	无或白	晶	～	4390	79	180//	++		+N		−	
$Hg(NO_3)_2 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	硝酸汞·$\frac{1}{2}$水	333.61	白	粉或无、晶	～	4300	79	//	+++	×	+N		−	+丙酮、NH_3
$Hg(NO_3)_2 \cdot H_2O$	硝酸汞·1水	342.61	无	晶	～	4300	79	180//	+		+N		−	
$Hg(NO_3)_2 \cdot 8H_2O$	硝酸汞·8水	468.74	无	斜					+					+其6℃的结晶水
$Hg_2(NO_2)_2$	亚硝酸亚汞	493.20				5900	// 140							
$Hg_2(NO_3)_2$	硝酸亚汞	525.19	黄			7330	// 100		//					
$Hg_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	硝酸亚汞·2水	561.22	无	单	风化	4780[4]	70 //		//	+//	+N	$-NH_4OH$		
$xHgO \cdot yN_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式硝酸汞		白	晶、粉					−					
$xHg_2O \cdot yN_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式硝酸亚汞		黄白	粉或无、晶					−		÷N			
$In(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$	硝酸铟·3水	354.88	无	片			//100		++					
$In(NO_3)_3 \cdot 4\frac{1}{2}H_2O$	硝酸铟·4$\frac{1}{2}$水	381.86		针	～		$-4\frac{1}{2}H_2O$ 100	//	+++	+++			+纯	
KNO_2	亚硝酸钾	85.10	无	棱	毒　～	1915	440	// 350	表8.2.22		危5.1		+热	++液氨

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
KNO_3	硝酸钾	101.10	无	斜、三	1.504	2110^{11}	333	// 400	表 8.2.22		$+NH_3$	−乙醚	0.1^{20}	+稀乙醇、甘油
$K_3[Co(NO_2)]_6\cdot1\frac{1}{2}H_2O$	硝高钴酸钾·$1\frac{1}{2}$水	958.60	黄	四			// 200		0.09	÷			−	−乙醚
$K_2NaCo(NO_2)_6\cdot H_2O$	硝高钴酸钠二钾·水	454.19	黄			1633^{25}	135		0.07^{25}				−	
$La(NO_3)_3\cdot6H_2O$	硝酸镧·6水	433.04	白	三	～		40	// 126	151^{25}	+++			+++	+丙酮
$LiNO_2\cdot2H_2O$	亚硝酸锂·2水	70.96	白	针		1615^{0}	<100	//	125	459^{50}			+++ 纯	
$LiNO_2\cdot\frac{1}{2}H_2O$	亚硝酸锂·$\frac{1}{2}$水	61.96		团、晶	～				+	++			++	
$LiNO_3$	硝酸锂	68.95	无	三	≈ 1.735	2360	261	// 600	表 8.2.22		危 5.1	÷液氨	+	$+NH_4OH$、丙酮、吡啶 372
$LiNO_3\cdot3H_2O$	硝酸锂·3水	123.00	无	针			// 29.9	$-3H_2O$ 61	表 8.2.22				+	+甲醇、丙酮
$Lu(NO_3)_3\cdot zH_2O$	硝酸镥·z水	−	无	晶	≈		100℃	$-3H_2O$	+		+N		+	
$Mg(NO_2)_2\cdot2H_2O$	亚硝酸镁·2水	152.35	无	鳞	～	2026^{25}	129				÷N′		+	
$Mg(NO_2)_2\cdot3H_2O$	亚硝酸镁·3水	170.37	白	棱	～		// 100							
$Mg(NO_3)_2\cdot6H_2O$	硝酸镁·6水	256.41	黄白	斜	≈	1464	95	$-5H_2O$ 300	表 8.2.22		+N′		+	+95℃结晶水、液氨
$Mg(NO_3)_2\cdot4H_2O$	硝酸锰·4水	251.01	玫瑰	单		1820	25.8	129.4	426.4	∞			++	
$Mn(NO_3)_2\cdot6H_2O$	硝酸锰·6水	287.04	玫瑰红	单	～	1820^{21}	25.8	129.5	表 8.2.22				++	+其 26℃结晶水
$Na_3Co(NO_2)_6$	硝高钴酸钠	403.98	黄-棕	晶、粉					+//		//		÷	−稀乙酸
$NaNO_2$	亚硝酸钠	69.00	浅黄	斜	碱性	2168^{0}	271	// 320	表 8.2.22		++吡啶	++液氨	0.3^{20}纯	+乙醚 0.3^{20} 甲醇 4.4^{20}
$NaNO_3$	硝酸钠	84.99	无	三	1.587	2257	308	//380	表 8.2.22			÷丙酮	÷甲、乙	⑤
Na_2NO_2	次亚硝酸钠	160.00				2466^{30}	// 300		+				++纯	
$NH_2OH\cdot HNO_3$	硝酸羟胺	96.05	无	晶			48	//<100	++	//			+稀	−乙醚
NH_4NO_2	亚硝酸铵	64.04	白	针		1690	//	炸 60	表 8.2.22				3.8^{20}	+丙酮、液氨
NH_4NO_3	硝酸铵(α)	80.04	无	四	～	1660^{25}	169.6	// 210	表 8.2.22		−乙醚	甲醇 17.1^{20}	3.8^{20}	++液氨、丙酮
NH_4NO_3	硝酸铵(β)	80.04	无	斜或单		1725^{25}	155	// 210	表 8.2.22		甲醇 17.1^{20}	+		
$N_2H_4\cdot HNO_3$	硝酸肼	95.06		晶			70.7	↑ 140	175^{10}	++				
$N_2H_4\cdot HNO_3$	二硝酸肼	158.08		针			104	//	++					
$Ni(NH_3)_4(H_2O)_2(NO_3)_2$	硝酸二水四氨络镍	286.87	绿	晶						+	−	−		
$Ni(NO_2)_2$	亚硝酸镍	150.72	红黄	晶					+(绿)				+	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸镍·6水	290.80	碧绿	单	～	2050	56.7	136.7	表8.2.22		÷丙酮	$+NH_4OH$	＋稀	－无水乙醇；＋液氨
$Ni(NO_3)_2 \cdot 4NH_3 \cdot 2H_2O$	四氨合硝酸镍·2水	286.87							＋＋				－	
$Pb(NO_2)_2 \cdot H_2O$	亚硝酸铅·1水	317.24	黄	叶或针			//		＋＋＋					
$Pb(NO_3)_2$	硝酸铅	331.21	无	单	毒 1.782	4530^{20}	// 470		表8.2.22		－N′	＋	0.04^{20}	＋甲醇 1.4^{25} 吡啶 5.5 NH_3
$RbNO_3$	硝酸铷	147.47	无	六⑥	1.52	3110	130		表8.2.22		＋＋N		÷	＋丙酮
$Rh(NO_3)_3 \cdot 2H_2O$	硝酸铑·2水	324.97	红		～				＋	＋			－	
$xPbO \cdot yN_2O_3 \cdot zH_2O$	碱式亚硝酸铅·z水		白	粉					÷		＋N			
$xPbO \cdot yN_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式硝酸铅·z水		白	粉					÷					
$Pd(NO_3)_2$	硝酸钯	230.41	黄褐	正	～		//		＋//	＋N				
$Ru(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸钌·6水	395.85	黄	三		2375			＋＋＋					
$Sb_4O_6 \cdot N_2O_5$	硝酸亚锑	691.01							//		＋N′			
$Sc(NO_3)_3$	硝酸钪	231.12	无				150		＋					
$Sn(NO_3)_4$	硝酸锡	366.71	灰	针				// 50	＋//		＋N			
$Sr(NO_2)_2$	亚硝酸锶	179.64	白	粉		2800			53	138^{98}		÷÷	÷	－100%乙醇
$Sr(NO_2)_2 \cdot H_2O$	亚硝酸锶·1水	197.66	无	八		2408	$-H_2O$ 100	// 240	表8.2.22				0.42 (90%)	
$Sr(NO_3)_2$	硝酸锶	211.64	无	立	1.588	2986	570	//＞480	表8.2.22		÷N′、Cl		÷甲、乙	②
$Sr(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸锶·4水	283.70	白	单		2200	$-4H_2O$ 100		62.2	124^{20}	－N		÷甲、乙	＋其热结晶水
$Tb(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸铽·6水	453.32		单			89.3		＋					
$4TeO_2 \cdot N_2O_5 \cdot 1\frac{1}{2}H_2O$	硝酸碲·$1\frac{1}{2}$水	773.48		正			－NO 190		＋					$+HNO_2$
$Th(NO_3)_4$	硝酸钍	480.06	无	片	～		// ＞216	＞630→ ThO_2	＋＋				＋	
$Th(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$	硝酸钍·4水	552.10	白	晶	～		// ＞216		＋＋＋	＋＋＋		乙醚 36.9	＋＋＋	÷丙酮
$Th(NO_3)_4 \cdot 12H_2O$	硝酸钍·12水	696.34			～		//		＋＋＋				＋＋＋	
$5TiO \cdot N_2O_5 \cdot 6H_2O$	碱式硝酸钛·6水	615.61		片					＋	〃				
$TlNO_3(\alpha)$	硝酸亚铊(α)	266.37	无	斜、立		5556	206.5	// 430	表8.2.22				－	＋丙酮
$TlNO_3(\beta)$	硝酸亚铊(β)	266.37		晶			→α 145		9.55^{20}	30.4^{50}				
$TlNO_3(\gamma)$	硝酸亚铊(γ)	266.37		正	1.82	5556^{21}	→β75	450//	3.91	414			－	＋丙酮

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Tl(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$	硝酸铊·3水	444.42	无	正	~		// 100		+	+				
$UO_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	硝酸双氧铀·2水	430.07	黄	斜或单		3350		// >100	表 8.2.22				+	+乙醚、丙酮
$UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸双氧铀·6水	502.09	黄	斜	1.497	2807[13]	60.2	118	表 8.2.22			+稀	++	++乙酸、乙醚、丙酮
$Y(NO_3)_3 \cdot 4H_2O$	硝酸钇·4水	347.01	无	棱	~	2682			+++	+++	+N			
$Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸钇·6水	383.04	无	三	~	2680	$-3H_2O$ 100		+++	+++			+++	+++乙醚
$Yb(NO_3)_3 \cdot 4H_2O$	硝酸镱·4水	431.13		晶	~	2682								
$Zn(NO_2)_2 \cdot 3H_2O$	亚硝酸锌·3水	211.45		晶	~			// 100	+				+	
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸锌·6水	297.44	无	四	~	2065[14]	36.4	$-6H_2O$ 105	表 8.2.22				+++	+其36℃结晶水
$Zn(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	硝酸锌·3水	243.44	无	针			45.5			327[40]				
$Zr(NO_3)_4 \cdot 5H_2O$	硝酸锆·5水	429.32	无	晶、粉	~		// 100		++	×			+	

① 不溶于吡啶、乙酸乙酯；溶于甘油、甲醇 3.6[20]；微溶于乙醚。

② 易吸湿，80℃失去全部结晶水。溶于含有硝酸的水以及甘油、丙酮、稀酸（包括乙酸），不溶于乙酸乙酯、甘油；溶解于浓乙酸。

③ 温度达 100℃时，生成 CoO_2；溶于丙酮、二噁烷、乙酸甲酯和多数有机溶剂及其 50℃结晶水。

④ 溶于其 47℃结晶水；易溶于乙醚、丙酮。

⑤ 微溶于甘油；溶于数种碱金属盐类溶液；易溶于液氨。

表 8.2.2 硝酸盐的危险品特性总览

名称	CAS 号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
四氨硝酸镍				助	※	※	乙	※	W,T			
亚硝酸钙	13780-06-8	51525	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
亚硝酸钠	7632-00-0	51525	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R25;R50;R8	S45;S61
亚硝酸钾	7758-09-0	51073	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
硝酸亚钴	10026-22-9	51522	—	助	※	※	乙	※	W,P,T	5.1		
硝酸亚镍	13478-00-7	51522	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R22;R40;R8	S17;S36/37;S45
硝酸汞	10415-75-5	61030	—	助	※	※	乙	※	K	6.1		

续表

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
硝酸钍	13823-29-5	71003		助	※	※	甲	※	S,R	7	R8;R22;R33;R36/37/38	S36/37/39;S45
硝酸羟胺	506-93-4	51068		助	※	※	甲	※	S,R,T	5.1	R8	S15;S17
硝酸钙	13477-34-4	51057	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R36;R8	S17;S26;S39
硝酸钠	7631-99-4	51055	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R22;R36/37/38;R8	S17;S26;S37/39
硝酸钡	10022-31-8	51060	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R20/22;R8	S17;S28A
硝酸钯	82279-70-7	51522		助	※	※	丙	※	W,T	5.1		
硝酸钾	7757-79-1	51056	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R8	S17
硝酸铁	10421-48-4	51522	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
硝酸铅	10099-74-8	51065	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R20/22;R33;R50/53;R61;R62;R8	S17;S45;S53;S60;S61
硝酸铈	10294-41-4	51524		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
硝酸铊	10102-45-1	61023		助	※	※	乙	※	W,T	6.1		
硝酸铋	10035-06-0	51522		助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R36/37/38;R8	S17;S26;S37/39
硝酸铍	13597-99-4	51061		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
硝酸胍	124-47-0	11029		助	※	※	爆炸品	※	W,P,R,T	1		
硝酸铑	10139-58-9	51522		助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R35	S23;S26;S36;S45
硝酸铝	13473-90-0	51522	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R8;R36/37/38	S17;S26
硝酸铟	13770-61-1	51522		助	※	※	乙	※	W,P,R,G,T	5.1		
硝酸铯	7789-18-6	51058		助	※	※	甲	※	W	5.1	R8;R36/37/38	S17
硝酸铵	6484-52-2	51069	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R36/37/38;R8;R9	S17;S26;S37/39
硝酸银	7761-88-8	51063	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R34;R50/53;R8	S26;S45;S60;S61
硝酸锂	7790-69-4	51054		助	※	※	甲	※	W	5.1	R8	S17
硝酸锆	12372-57-5	51064		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
硝酸锌	7779-88-6	51062		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
硝酸锰	10377-66-9	51522		助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R36/37/38	S26;S36
硝酸镁	231-104-6	51522	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R36/37/38;R8	S17;S36;S37/39
硝酸镉	10325-94-7	51522		不	※	※	乙	※	W,P,R,G,T	5.1	R45-8-20/21/22-50/53	S53-45-60-61
硝酸镧	100587-94-8	51523		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		

8.2.2 密　　度

表 8.2.3 硝酸钾水溶液的浓度和密度　　单位：g/cm^3

浓度			温度/℃							
(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)	10	20	30	40	50	60	80	100
1	0.0994	10.04	1006	1004	1002	998	994	989	978	964
2	0.1999	21.21		1011						
4	0.4049	40.93	1026	1023	1020	1016	1012	1007	995	982
6	0.6150	62.17	1039	1036	1033	1029	1024	1019	1007	994
8	0.8301	83.95		1049						
10	1.051	108.2	1066	1063	1058	1054	1049	1044	1032	1018
12	1.277	129.1		1076						
14	1.509	152.5		1090						
16	1.747	176.6		1103	1099	1054	1089	1083	1070	1056
18	1.990	201.2		1118						
20	2.240	226.5		1133	1128	1122	1117	1111	1097	1083
22	2.496	252.4		1147						
24	2.759	278.9		1162	1157	1152	1145	1139	1126	1111

表 8.2.4 硝酸钠水溶液的浓度和密度　　单位：g/cm^3

浓度 (质量分数)/%	温度/℃						
	0	15①	20	40	60	80	100
1	1.0071	1.0058	1.0049	0.9986	0.9894	0.9779	0.9644
2	1.0144	1.0125	1.0117	1.0050	0.9956	0.9849	0.9704
4	1.0290	1.0260	1.0254	1.0180	1.0082	0.9964	0.9826
8	1.0587	1.0397	1.0532	1.0447	1.0340	1.0218	1.0078
12	1.0891	1.0816	1.0819	1.0724	1.0609	1.0481	1.0340
16	1.1203	1.1103	1.1118	1.1013	1.0392	1.0757	1.0614
20	1.1526	1.1394	1.1429	1.1314	1.1187	1.1048	1.0901
24	1.1860		1.1752	1.1629	1.1496	1.1351	1.1200
28	1.2204		1.2085	1.1955	1.1816	1.1667	1.1513
30	1.2380		1.2256	1.2122	1.1980	1.1830	1.1674
35	1.2843		1.2701	1.2560	1.2413	1.2258	1.2100
40	1.3316		1.3715	1.3027	1.2875	1.2715	1.2555
45	—		1.3683	1.3528	1.3371	1.3206	1.3044

① 是 $NaNO_2$ 的数值。

表 8.2.5 硝酸钙溶液的浓度和密度

(1)　　单位：kg/m^3

浓度 (质量分数)/%	温度/℃				浓度 (质量分数)/%	温度/℃			
	6	18	25	30		6	18	25	30
2①	1016	1014	1012	1010	25	1217	1211	1206	1203
4	1032	1029	1027	1026	30		1260	1251	1248
8	1064	1061	1058	1056	35		1311	1300	1297
10	1081	1077	1074	1072	40		1365	1349	1346
12	1098	1094	1091	1089	45		1422	1403	1399
16	1133	1128	1125	1122	68①		1747	1741	1736
20	1169	1164	1160	1158					

① 过冷四水化合物，熔点 41.4℃。

（2）　　单位：kg/m³

温　度/℃	浓度(质量分数)/%									
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
50	1.3600	1.4175	1.4750	1.5325	1.590	1.649	1.707	1.765	1.8245	1.884
60	1.3478	1.4055	1.4630	1.5220	1.5800	1.6390	1.6975	1.7570	1.8155	1.8750
70	1.3365	1.3950	1.4535	1.5125	1.5625	1.6300	1.6885	1.7475	1.8075	1.8675
80	1.3255	1.3850	1.4440	1.5025	1.5610	1.6202	1.6805	1.7403	1.8000	1.8600
90	1.3175	1.3750	1.4340	1.4925	1.5515	1.6100	1.6705	1.7309	1.7910	1.8515
100	1.3090	1.3655	1.4250	1.4830	1.5425	1.6015	1.6608	1.7200	1.7810	1.8415
110	1.2980	1.3560	1.4150	1.4730	1.5320	1.5920	1.6510	1.7103	1.7708	1.8305

表 8.2.6　硝酸镁水溶液的浓度和密度

（1）20℃、低浓度　　单位：kg/m³

浓度/%	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
ρ	1.013	1.028	1.044	1.060	1.076	1.093	1.110	1.127	1.145	1.163	1.182	1.200

（2）高温、高浓度　　单位：kg/m³

温度/℃	浓度(质量分数)/%								
	55	58	60	62	64	66	68	70	72
90	1.503	1.545	1.569	1.594	1.619	1.643	1.668	1.692	1.712
100	1.504	1.540	1.564	1.588	1.612	1.636	1.660	1.684	1.708
110	1.496	1.534	1.558	1.582	1.607	1.631	1.656	1.680	1.704
120	1.492	1.529	1.553	1.575	1.601	1.624	1.648	1.672	1.696
130			1.539	1.569	1.594	1.619	1.644	1.668	1.693
140				1.564	1.588	1.612	1.637	1.662	1.686
150						1.631		1.657	1.680

表 8.2.7　硝酸铵水溶液的浓度和密度（20℃）

（1）稀溶液

(质量分数)/%	浓　度		ρ/(kg/m³)	(质量分数)/%	浓　度		ρ/(kg/m³)
	/(mol/L)	/(g/L)			/(mol/L)	/(g/L)	
1	0.1252	10.02	1002	18	2.415	193.3	1074
2	0.2514	20.12	1006	20	2.705	216.5	1083
4	0.5071	40.58	1015	24	3.299	264.1	1100
6	0.7668	61.38	1023	28	3.912	313.2	1119
8	1.030	82.50	1031	35	5.033	402.9	1151
10	1.298	103.9	1040	40	5.873	470.1	1175
12	1.571	125.7	1048	50	7.656	612.8	1226
14	1.848	147.9	1057	55	8.602	688.5	1252
16	2.219	170.4	1065				

（2）浓溶液

浓度(质量分数)/%	温　度/℃					浓度(质量分数)/%	温　度/℃				
	20	40	60	80	100		120	140	160	180	200
20	1.0828	1.0725	1.0621	1.055	1.0410						
30	1.1275	1.1160	1.1045	1.0935	1.0820						
40	1.1754	1.1636	1.1510	1.1390	1.1270						
50	1.2258	1.2130	1.2005	1.1875	1.1745	80	1.3285				
60	1.2785	1.2660	1.2525	1.2395	1.2265	90	1.3930	1.3785			
70		1.3220	1.3090	1.2960	1.2825	94	1.4210	1.4065	1.3940		
80			1.3685	1.3555	1.3420	97		1.4285	1.4165	1.4060	
90					1.4075	99			1.4325	1.4225	1.4120

表 8.2.8 其他硝酸盐水溶液密度

单位：kg/m^3

名称	温度/℃	浓度(质量分数)/%																			
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
$AgNO_3$①	20	1007	1015	1033	1051	1069	1088	1108	1128	1150	1172	1194	1217	1242	1268	1295	1320	1393	1474	1565	1668
$Al(NO_3)_3$	18	1006	1014	1030	1047	1064	1081	1099	1117	1136	1155	1175	1195	1215	1236	1258	1280	1304^{32}			
$Ba(NO_3)_2$②	18	1008	1015	1032	1049	1067	1086														
$Cd(NO_3)_2$	18		1015	1033	1050	1068	1087	1106	1126	1147	1168	1190	1213	1237	1261	1287	1312	1382	1459	1544	1636
$Be(NO_3)_2$	18		1011	1023	1036	1049	1062	1076	1090	1105	1119	1134	1150	1166	1187	1226					
$Co(NO_3)_2$	20	1006	1015	1032	1048	1066	1084	1103	1122	1142	1163	1184	1205	1228	1251	1274	1299				
$Cr(NO_3)_3$	15	1007	1016	1032	1049	1067	1084	1103	1121	1141	1161	1181	1202	1224	1246	1269	1293				
$CsNO_3$	20	1006	1013	1029	1044	1061	1077	1095	1112												
$Cu(NO_3)_2$	20	1007	1015	1032	1050	1069	1088	1107	1126	1147	1168	1189	1211	1235	1263						
$Fe(NO_3)_3$	18	1006	1014	1030	1047	1064	1081	1099	1117	1136	1155	1175	1196	1218	1239						
$KNO_2$③	18	1005	1011	1024	1037	1049	1062	1075	1088	1102	1116	1130	1144	1158	1172	1187	1203	1242	1284	1130	1378
$La(NO_3)_3$	18	1008	1017	1035	1055	1074	1095	1115	1137	1159	1182	1205	1230	1255	1281	1308	1336				
$LiNO_3$	20	1004	1010	1022	1034	1046	1059	1072	1085	1098	1112	1125	1139	1154	1169	1184	1199	1239	1284		
$Mn(NO_3)_2$④	18	1006	1014	1030	1046	1062	1079	1097	1115	1133	1152	1172	1192	1212	1234	1256	1278	1337	1399	1466	1538
$NaNO_2$	15	1006	1012	1026	1040	1054	1068	1082	1096	1110	1122	1139	1168	1180	1188	1198	1213	1250	1299		
$Ni(NO_3)_2$	18	1007	1016	1033	1051	1069	1088	1108	1128	1148	1170	1191	1213	1237	1261	1285	1311	1378	1399		
$Pb(NO_3)_2$	18	1007	1016	1034	1053	1072	1092	1112	1134	1156	1179	1203	1228	1253	1278	1304	1329				
$Pb(NO_3)_2$	15	1009	1017	1036	1054	1074	1094	1115	1136	1158	1181	1205	1229	1255	1281	1308	1336				
$RbNO_3$	20	1005	1012	1027	1042	1058	1073	1086	1106	1123	1140	1158	1176	1195	1214	1234	1255				
$Sm(NO_3)_2$	18	1006	1014	1029	1044	1060	1077	1093	1110	1127	1145	1163	1181	1200							
$Sr(NO_3)_2$	20		1015	1031	1048	1065	1083	1101	1119	1138	1158	1179	1200	1222	1244	1266	1290	1352	1419		
$UO_2(NO_3)_2$	17	1008	1017	1036	1054	1072	1091	1110	1129	1149	1171	1194	1218	1243	1207	1296	1322	1396	1466		
$Zn(NO_3)_2$	18		1015	1032	1050	1068	1086	1105	1124	1144	1165	1186	1208	1230	1254	1278	1303	1368	1438	1513	1594

① 浓度为60%、70%时，其密度分别为$1916kg/m^3$、$2233kg/m^3$。

② 饱和溶液的浓度和密度见下表。

项目	温度/℃							
	0	10	20	30	40	50	60	70
浓度/%	4.9	6.5	8.4	10.4	12.4	14.6	16.9	19.1
密度/(kg/cm^3)	1.043	1.056	1.073	1.087	1.104	1.121	1.137	1.146

③ 浓度为60%、70%时，其密度分别为$1484kg/m^3$、$1598kg/m^3$。

④ 浓度为55%时，其密度为$1615kg/m^3$。

8.2.3　黏　　度

表 8.2.9　硝酸盐的动力黏度

（1）　　　　单位：$\times 10^{-4}$ Pa·s

名称	温度/℃												
	300	310	320	330	340	350	360	370	380	400	420	440	460
KNO_2[①]											19.6	18.5	
KNO_3				29.58	31.31	27.3	20.80	22.74	28.88	20.9	19.41	18.02	16.0
$NaNO_2$	30.0	28.2	26.3	24.5	22.6								
$NaNO_3$		28.91	27.58	26.38	25.25	24.18	23.16	22.18	21.26	19.62	18.13	16.64	14.92

① 温度为 500℃、550℃时，其值为 13.8×10^{-4} Pa·s、12.1×10^{-4} Pa·s。

（2）　　　　单位：$\times 10^{-4}$ Pa·s

名称	温度/℃												
	250	260	270	280	290	300	320	340	360	380	400	420	427
$AgNO_3$	34.7	31.8	30.6	30.5	30.4	29.9	27.6	25.2	23.2	21.3	19.6	18.2	
$LiNO_3$				57.5	54.1	50.8	44.0	38.8	33.5	28.8	24.7	21.3	20.3

表 8.2.10　硝酸盐水溶液的黏度

（1）浓度单位为 mol/L　　　　单位：$\times 10^{-4}$ Pa·s

名称	浓度/(mol/L)					名称	浓度/(mol/L)			
	0.1	0.125	0.25	0.50	1.0		0.125	0.25	0.50	1.0
$Ba(NO_3)_2$	10.17	10.39	10.66			$Mg(NO_3)_2$	10.59	11.02	11.91	13.90
$Ca(NO_3)_2$		10.40	10.79	11.54	13.06	$NaNO_3$	10.23	10.33	10.58	11.20
KNO_3		10.13	10.13	10.10	10.06	$Sr(NO_3)_2$	10.40	10.74	11.39	12.88

（2）浓度单位为质量分数

① 硝酸钠水溶液　　　　单位：mPa·s

浓度(质量分数)/%	温度/℃					
	10	20	30	40	50	60
10	1.38	1.07	0.88	0.72	0.63	0.54
15	1.46	1.12	0.94	0.78	0.67	0.58
20	1.59	1.18	1.03	0.86	0.72	0.62
25	1.78	1.25	1.14	0.95	0.80	0.69
30	2.05	1.33	1.30	1.07	0.91	0.79

② 硝酸钾水溶液　　　　单位：mPa·s

浓度(质量分数)/%	温度/℃						
	0	10	20	30	40	50	60
5	1.68	1.25	0.98	0.80	0.66	0.56	0.49
10	1.61	1.22	0.97	0.80	0.67	0.58	0.50
15	—	1.21	0.98	0.80	0.69	0.59	0.51
20	—	1.25	1.01	0.81	0.70	0.60	0.53
30	—	—	—	0.89	—	—	—

③硝酸镁水溶液　　　　单位：mPa·s

浓度(质量分数)/%	温度/℃	黏度	浓度(质量分数)/%	温度/℃	黏度	浓度(质量分数)/%	温度/℃	黏度
65	120	9.56	70	160	3.23	80	120	154.4
	130	7.18	75	120	5.30		130	98.9
	140	4.34		130	43.27		140	51.35
70	120	2.0		140	21.32		150	28.61
	130	14.99		150	12.59		160	16.63
	145	8.1		160	7.525		170	13.02
	150	4.74		170	6.165			

④ 硝酸铵水溶液　　　　单位：mPa·s

温度	浓度(质量分数)/%														
/℃	5	10	20	30	40	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
0	1.67	1.58	1.49	1.51											
10	1.24	1.20	1.16	1.20	1.32	1.58									
20	0.97	0.96	0.97	1.00	1.10	1.33	1.65								
30	0.79	0.79	0.79	0.84	0.94	1.19	1.32	1.65	2.0	2.50					
40	0.66	0.66	0.68	0.73	0.81	1.00	1.11	1.30	1.63	2.05					
50	0.56	0.57	0.60	0.64	0.72	0.87	0.96	1.15	1.40	1.76	2.22				
60	0.48	0.50	0.53	0.57	0.64	0.76	0.85	1.02	1.26	1.55	1.96	2.50			
70						0.64	0.77	0.93	1.15	1.40	1.76	2.23	2.80		
80						0.60	0.70	0.85	1.05	1.28	1.69	2.00	2.55		
90						0.54	0.62	0.76	0.95	1.15	1.45	1.60	2.32		
100						0.48	0.57	0.70	0.87	1.06	1.34	1.66	2.15	3.06	
110						0.42	0.52	0.64	0.77	0.78	1.23	1.55	2.02	2.87	3.57
120											1.16	1.46	1.80	2.70	3.30
130												1.34	1.80	2.51	3.09
140													1.71	2.40	2.90
145														2.35	2.80

⑤ 硝酸钙水溶液

温度	浓　度/%					温度	浓　度/%					
/℃	30	40	50	60	70	/℃	30	40	50	60	70	80
50	1.23	2.05	3.80			90	0.66	1.09	1.95	4.09	14.32	105.6
60	1.03	1.72	3.13	7.73	51.29	100	0.58	0.96	1.71	3.71	14.43	78.04
70	0.87	1.45	2.70	6.13	35.47	110				2.85	12.73	51.65
80	0.76	1.25	2.26	4.65	24.90							

表 8.2.11　硝酸盐及其水溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

名　称	浓　度/(mol/L)				名　称	浓　度/(mol/L)			
	1.0	0.5	0.25	0.125		1.0	0.5	0.25	0.125
$AgNO_3$	1.1150	1.0491	1.0290	1.0114	$Mn(NO_3)_2$	1.1813	1.0867	1.0426	1.0235
$Ba(NO_3)_2$	1.0893	1.0437	1.0214	1.0084	$NaNO_3$	1.0655	1.0259	1.0122	1.0069
$Ca(NO_3)_2$	1.1172	1.0553	1.0218	1.0076	NH_4NO_3	0.9722	0.9862	0.9908	0.9958
$Cd(NO_3)_2$	1.1648	1.0742	1.0385	1.0177	$Ni(NO_3)_2$	1.1800	1.0840	1.0422	1.0195
$Co(NO_3)_2$	1.1657	1.0754	1.0318	1.0180	$Pb(NO_3)_2$	1.1010	1.0418	1.0174	1.0066
$Cu(NO_3)_2$	1.1792	1.0802	1.0400	1.0179	$Sr(NO_3)_2$	1.1150	1.0491	1.0240	1.0114
KNO_3	0.9753	0.9822	0.9870	0.9921	$TlNO_3$	0.9471	0.9538	0.9865	0.9932
$Mg(NO_3)_2$	1.1706	1.0824	1.0396	1.0198	$Zn(NO_3)_2$	1.1642	1.0857	1.0390	1.0186
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	1.3896	1.1910	1.1016	1.0588					

8.2.4　表 面 张 力

表 8.2.12　硝酸盐的表面张力　　　　单位：mN/m

名　称	温　　度/℃										
	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800
$CsNO_3$					91^{420}	89		81	78		
KNO_2						105	104^{470}				
KNO_3				110	107	104	101	97.0	93.4	85.8	77.7
$KNO_3$①				113	109	105	101	97.4	93.5	85.8	78.0
$LiNO_3$①				112	109	106	102	97.9	93.4		
$NaNO_2$			121^{280}				113				
$NaNO_3$			119^{320}	117	114						
$NaNO_3$①			121	118	116	113	110	107	103	96.3	93.7^{736}
$NiNO_3$			113	118	108	105	102				
$RbNO_3$			110	105	101	97	93	88.9	84.5		
$TiNO_3$	95.3	91.4	87.5	83.6	79.7	75.8					

① 界面为氮气，其他为空气。

表 8.2.13　硝酸盐水溶液的表面张力（20℃）　　　　单位：mN/m

名　称	浓　　度/(mol/L)												
	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	10	12
$AgNO_3$		73.4	74.0		75.1		76.0		77.7	$78.6^{8.2}$			
$Ba(NO_3)_2$①	0.6 ■0.2	1.0 ■0.3											
$KNO_3$②	72.9	73.3	73.8	74.3	74.8	75.2	75.5	76.6		77.8	79.2	80.3	82.12^{14}
NH_4NO_3		73.2	73.8	74.2	74.6	75.0	75.4	76.3	77.1	77.8	79.2	80.3	82.1^{14}
$NaNO_3$	72.9	73.4	74.0	74.6	75.1	75.6	78.2	77.4	78.5	79.5	81.1	82.7	84.0
$Zn(NO_3)_2$③		70.8	72.3	73.8	75.2	76.6	77.9	80.6	83.1	84.7			

① 溶液温度为 20～50℃。

② 浓度 0.02mol/L 时，为 72.8mN/m。

③ 溶液温度为 40℃。

表 8.2.14　硝酸铵水溶液的表面张力　　　　单位：mN/m

(质量分数)/%	温度/℃	σ	(质量分数)/%	温度/℃	σ	(质量分数)/%	温度/℃	σ
1	18.0	73.8	20	16.7	82.8	20	100	61.6
1	25.2	72.8	20	17.0	82.9	30	100	63.3
2	18.0	74.4	20	3.2	84.4	40	100	65.3
3	18.0	75.1	0	100	58.7	50	100	67.5
10	24.9	77.4	5	100	59.2	54	100	68.5
10	14.2	79.0	10	100	60.1	88	100	85.5
20	24.8	81.7	20	100	61.6	100	100	103.8

表 8.2.15　硝酸镁水溶液的表面张力　　　　单位：mN/m

温度/℃	浓度(质量分数)/%					
	50	55	60	65	70	75
100	77.19					
110	77.77	79.42				
115	77.48	78.92				
120	77.35	78.60	84.07	84.44	88.38	
125	73.54^{53}	78.39	83.25	83.22	87.18	
130		78.28	82.54	85.07	89.74	100.4
135		77.50	82.17	84.81	87.87	93.82
140			81.96	84.36	87.40	91.83
145			81.61	83.95	86.98	90.96
150				83.40	86.41	90.60
160				80.70	83.62	91.72
170						86.98
175						88.21

8.2.5 沸点和冰点

表 8.2.16 硝酸盐水溶液的浓度和沸点

(1)

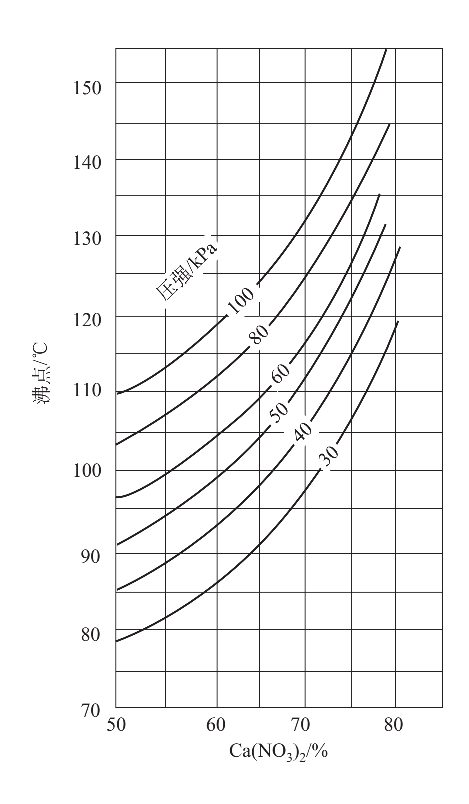
名 称	相应于下列浓度(g/100g 水)时溶液的沸点/℃									饱和溶液		
	10	25	50	75	100	500	1000	1500	3000	沸点/℃	浓度/(g/100g 水)	固相组成
$Ba(NO_3)_2$		101.0								101.1	27.5	$Ba(NO_3)_2$
$Ca(NO_3)_2$①	101.0	102.5	105.0	107.5	110.0							
$Ca(NO_3)\cdot 2H_2O$		101.9	103.7	104.5	107.0							
KNO_3		101.7	103.2	104.6	106.0					115.0	338.5	KNO_3
$NaNO_3$	101.1	102.7	105.2	107.6	110.1					126.0	222.0	$NaNO_3$
$NH_4NO_3$②	101.0	102.5	104.8	107.1	109.3	132.7	150.6	163.0	188.3			
$Pb(NO_3)_2$		101.0	101.6	102.2	102.8					103.5	137.0	
$Sr(NO_3)_2$		101.0	102.3	103.6	105.2					106.3	116.5	

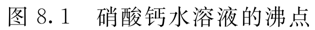
① 参见图 8.1。

② 参见图 8.2 和表 8.2.17。

(2)

溶液名称	101	102	103	104	105	107	110	115	120	125	140	160	180	200	220
	相应于上列沸点(℃)的溶液(质量分数)/%														
KNO_3	13.19	23.66	32.23	39.20	45.10	54.65	65.34	79.53							
NH_4NO_3	9.09	16.66	23.08	29.08	34.21	42.53	51.92	63.24	71.26	77.11	87.09	93.20	96.00	97.61	98.84




图 8.1 硝酸钙水溶液的沸点

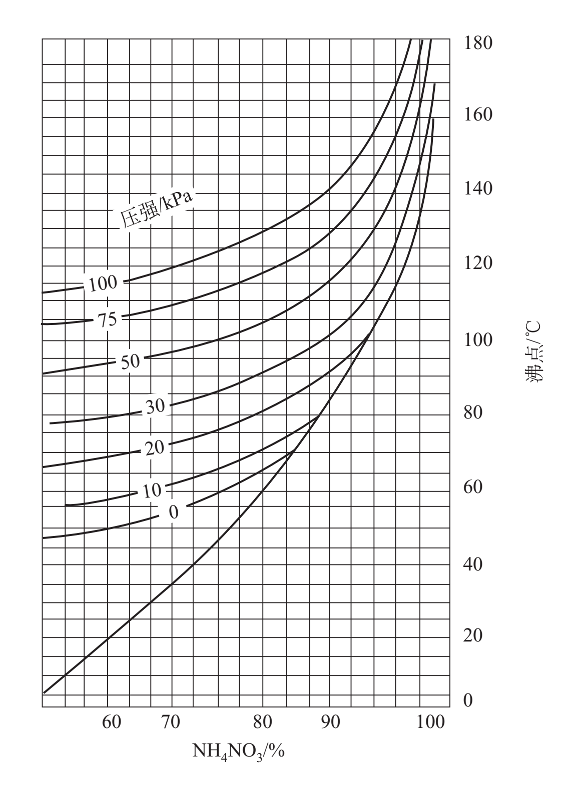


图 8.2 硝酸铵水溶液的沸点

表 8.2.17　不同压强下硝酸铵水溶液的沸点　　单位：℃

压　强/kPa	浓度(质量分数)/%										
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	98	100
20	72.15	72.35	72.72	74.29	77.07	79.32	84.65	92.41	116.5	137.7	283.6
30	80.57	81.75	81.66	83.71	88.48	93.70	99.27	105.3	130.2	163.3	446.7
40	87.56	89.22	89.12	91.29	96.55	103.0	108.6	116.4	140.4	178.4	359.6
50	93.27	95.26	95.2	97.44	102.8	109.1	115.0	124.2	148.6	185.3	478.8
60	97.94	100.3	100.2	102.6	108.1	114.4	120.3	130.6	155.6	192.7	622.9
70	101.8	104.5	104.3	106.9	113.2	119.7	125.5	136.5	161.6	200.8	629.4
80	105.1	108.2	108.2	111.0	117.8	124.7	130.7	141.8	166.7	206.7	447.5
90	108.1	111.7	112.0	115.0	121.7	128.9	135.4	146.3	171.5	210.0	297.7
100	111.1	115.0	116.5	119.0	123.8	130.5	138.1	149.7	176.1	208.1	472.6

表 8.2.18　不同压强下硝酸镁溶液的沸点　　单位：℃

溶　液	浓度(质量分数)/%	压　强/kPa					
		80	82	84	86	88	90
纯硝酸镁	71	137.1	134.7	132.4	129.7	126.7	124.0
	74	145.4	143.0	140.4	137.8	135.2	132.4
含杂质	70	141.6	137.9	135.0	132.7	130.4	128.4
	71	145.2	141.9	139.2	136.7	134.1	131.5
	72	148.8	145.9	143.4	140.7	137.8	134.7
	73	152.4	149.9	147.6	144.7	141.4	137.9

表 8.2.19　硝酸钡水溶液的沸点升高常数

浓度/(mol/L)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0
Δ/(℃/mol)	2.669	2.289	2.219	2.120	2.000	1.900

表 8.2.20　硝酸水溶液的冰点下降常数　　单位：℃/mol

名　称	浓度/(mol/L 水)									
	0.001	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
硝酸银			3.60	3.54	3.42	3.32	3.20	2.96	2.63	2.16
硝酸铝					6.3	6.1	6.5	7.9	10.6	
硝酸钾		3.64	3.59	3.54	3.43	3.31	3.15	2.88	2.56	
硝酸钠			3.55	3.53	3.48	3.41	3.33	3.23	3.02	2.79
硝酸钡	5.37	5.09	4.90	4.66	4.28	3.96	3.56	2.94	2.44	
硝酸锌						4.89	4.89		5.83	7.12
硝酸镍						4.91	4.91	5.07	5.86	

表 8.2.21　浓度硝酸铵水溶液的冰点

浓度(质量分数)/%	90	92	94	96	97	98	99	100
t_i/℃	95.0	103.4	112.9	125.3	135.1	146.1	157.6	169.6

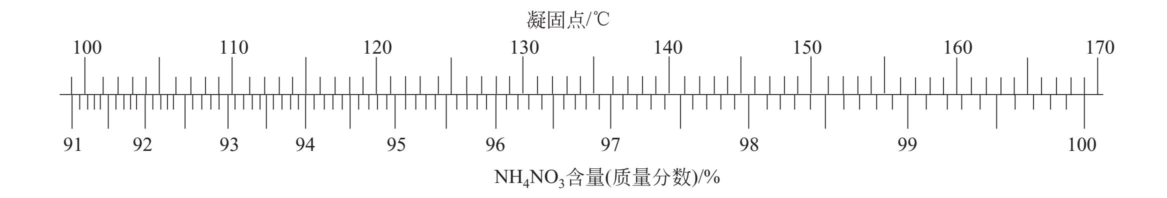


图 8.3 硝酸铵的凝固点

8.2.6 溶 解 度

表 8.2.22 硝酸盐在水中的溶解度

分子式	名 称	在下列温度(℃)时无水硝酸盐在100g水中的最大溶解质量/g												
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	200
$AgNO_2$	亚硝酸银	0.155	0.220	0.340	0.410	0.510	0.715	0.995	1.363	(煮沸部分分解)				
$AgNO_3$	硝酸银	122	173	222	250	275	322	455	449		604		770	
$AgNO_3$①	硝酸银	122	170	222		300	376	455	525		669		952	
$Al(NO_3)_3$②	硝酸铝	37.5	40.0	42.5			47.0	96	51.5	120	57.0	153	61.5	
$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸铝·9水	61	67	75.4		81	89		108		132		159	
$Ba(NO_2)_2 \cdot H_2O$	亚硝酸钡·1水			67.5			101		142		206		300	
$Ba(NO_3)_2$	硝酸钡	5.0	7.0	9.2		11.6	14.2	17.1	20.3	23.6	27.0	30.6	34.2	
$Be(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸铍·4水	98.6		107	110		127	142	84^{61}					
$Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	亚硝酸钙·2水								132	152		245		
$Ca(NO_2)_2 \cdot 4H_2O$	亚硝酸钙·4水	62.1		76.7										
$Ca(NO_3)_2$	硝酸钙	102	115	129	138	149	189		359				363	413
$Ca(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	硝酸钙·3水						238	282						
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸钙·4水	102	115	129		153	196							
$Cd(NO_3)_2$	硝酸镉	110		128					619		646		682	
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸镉·4水	107	135	149	159	169	194	233	619		652		681	
$Cd(NO_3)_2 \cdot 9H_2O$	硝酸镉·9水	106												
$Co(NO_2)_2$	亚硝酸钴	0.08	0.24	0.40		0.60	0.84							
$Co(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	硝酸钴·3水								167	185	220	335		
$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸钴·6水	83.5		97.3	103	111					211			
$CsNO_3$	硝酸铯	9.3	14.9	23.0		33.9	47.2	64.4	83.8	107	134	163	197	
$Cu(NO_3)_2$	硝酸铜	45		55							67			
$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	硝酸铜·3水	83.5	100	125	151	156	163	172	182	194	208	222	247	
$Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸铜·6水	81.8	100	125		154								
$Fe(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸亚铁·6水	71	78	82		85		87	166					
$Fe(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	硝酸铁·6水	78		83					167					
$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸铁·9水	67		82	87		105							

续表

分子式	名称	在下列温度(℃)时无水硝酸盐在100g水中的最大溶解质量/g												
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	200
KNO_2	亚硝酸钾	279		298			335		350		376		413	
KNO_3	硝酸钾	13.3	20.9	31.6		45.8	63.9	85.5	110	138	169	202	246	786
$LiNO_3$	硝酸锂	53		70			145		182	206				
$LiNO_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	硝酸锂·$\frac{1}{2}$水						145	156	175					
$LiNO_3 \cdot 3H_2O$	硝酸锂·3水	53.4	61.0	74.5		132								
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸镁·6水	66.5	70.1	73.3	75.1	77.3	81.2	85.9	91.9		110	137		
$Mn(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	硝酸锰·3水					206								
$Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸锰·6水	102		132	157		426	444						
$NaNO_2$	亚硝酸钠	72.1	77.9	84.5		91.6	98.4	104	116		132		163	
$NaNO_3$	硝酸钠	72.7	79.9	87.6	91.6	96.1	105	114	125		149		176	
$(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$	硝酸铈铵			129		154	183		196		220			
$NH_4NO_3$③	硝酸铵	54.2	60.0	65.2	67.6	69.9	73.7	77.0	80.7	83.5	86.4	89.0	94.4	
NH_4NO_3	硝酸铵(α)	118		192		242	297	344	421	499	580	740	871	
NH_4NO_3	硝酸铵(β)						294				580			
$Ni(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	硝酸镍·2水											235		
$Ni(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸镍·4水								163	169		235		
$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸镍·6水	79.2		94.2	100	105	119	139	158		193		225	
$Pb(NO_3)_2$	硝酸铅	38.8	48.3	52.2	56.5	66	75	85	95		115		139	
$RbNO_3$	硝酸铷	19.5	33.0	53.3		81.3	117	156	200	251	309	375	452	
$Sr(NO_2)_2 \cdot H_2O$	亚硝酸锶·1水	52.7		64.0				83.5	97.2			130	139	
$Sr(NO_3)_2$	硝酸锶	39.5	53.6	70.4	79.5	88.7	90.1		93.8	96	98.0	100	102	
$Sr(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	硝酸锶·4水	40.1		70.5										
$TlNO_3$	硝酸亚铊	3.91	8.22	9.55		14.3	20.9	30.4	48.2	69.5	111	200	414	
$UO_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	硝酸双氧铀·2水	98	108	119	127	138	163	203			400			
$UO_2(NO_3)_26H_2O$	硝酸双氧铀·6水	98	108	126		139		203	365			426	476	
$Zn(NO_3)_23H_2O$	硝酸锌·3水						207							
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸锌·6水	94.8	105	119	127		210	432	707	871				

① 表示100mL饱和溶液中所含该物质的质量（g）；

② 温度为−27℃、−20℃、−10℃、110℃时，其值分别为30.45g、32.5g、35.0g和62.3g。

③ 温度为−16.7℃、−10℃、−5℃、110℃、120℃、130℃、140℃、150℃、169.6℃时，其值分别为42.8g、47.7g、51.2g、93.4g、95.0g、96.5g、97.5g、98.7g和100g。

表 8.2.23　硝酸盐在其他溶剂中的溶解度①

（1）硝酸盐在液氨中的溶解度　　　　单位：%(质量分数)

名称	温度/℃										
	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50
硝酸钙	41.2	43.0	43.6	44.1	44.7	45.4	46.6	48.3	49.8	51.1	52.2
硝酸钾				7.0	8.3	9.5	10.2	10.6	10.9	11.2	11.5

（2）硝酸钠在乙醇中的溶解度

乙醇(质量分数)/%		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
硝酸钠/%	15℃	45.7	39.5	32.8	28.2	20.5	—	10.2	—	2.6	—
	30℃	49.1	43.4	37.4	31.3	25.4	18.0	13.0	7.8	—	1.2

(3) 硝酸盐在醇类、丙酮、吡啶、硝酸和液氨中的溶解度

分子式	名称	乙醇	甲醇	丙酮	吡啶	戊醇	乙二醇	硝酸	液氨	其他溶剂
		每100g溶剂中的溶解质量/g								
$AgNO_3$	硝酸银	表(12)	3.6^{19}	0.44^{18}			34	表(11)	48.2^{25}	表(13)
$AlNO_3$	硝酸铝							表(4)		
$Ba(NO_3)_2$	硝酸钡	1.8	60	5.0					49.3	乙酸 0.22
$Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$	硝酸铋·5水			41.7						
$Ca(NO_3)_2$	硝酸钙	表11.5.4	表27.4.3	16.8^{20}		7.5			表(1)	
$Co(NO_3)_2$	硝酸钴						400			异戊醇 10
KNO_3	硝酸钾①	0.01^{15}	12.3^{20}	21.8^{111}				表(6)	表(1)	
$LiNO_3$	硝酸锂			31	33					
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	硝酸镁·6水	表11.5.4	表27.4.3						表(10)	
$NaNO_2$	亚硝酸钠	0.31	4.4							
$NaNO_3$	硝酸钠	表(2)	0.43		0.3^{25}				127	②
NH_4NO_3	硝酸铵	表(9)	表(9)		0.3			表(7)	表(8)	
$Ni(NO_3)_2$	硝酸镍						8			
$Pb(NO_3)_2$	硝酸铅	0.04^{20}	1.42^{25}		4.4			表(5)		吡啶 5.5^{25}
$Sr(NO_3)_2$	硝酸锶	0.009			0.7				40.4	异丙醇 0.0023、甲酸 0.218
$UO_2(NO_3)_2$	硝酸二氧铀	3.3		1.5						乙醚 0.96

① 三个数字对应溶剂分别是三氯乙烷、联氨和尿素。

② 羟氨 11.6^{17}，乙酸 0.036^{20}，乙醇 0.036^{25}，尿素 $16.3^{106.8}$ [以上均为%(质量分数)]，联氨 1000^{25}g/L。

注：表中表(1) 指表 8.2.23 中的第(1) 个小表，其余类推。右上角数字为其相对应的温度，未注明者则为18～25℃。

(4) 硝酸铝在硝酸中的溶解度　　单位：g/cm³

溶解度(g硝酸/100g饱和溶液)	C克硝酸铝,100g饱和溶液								
	0.45℃		20℃		25℃	40℃		60℃	
	C	*ρ*	*C*	*ρ*	*C*	*C*	*ρ*	*C*	*ρ*
0	36	1.324	40	1.383	39.0	44.0	1.430	47.5	1.461
10	37	1.314	31	1.368	30.5	36.0	1.482	40.5	1.457
20	19.5	1.311	23	1.354	22.6	29.0	1.386	34.5	1.457
30	13.5	1.315	16	1.345	15.5	21.0	1.377	29.0	1.460
40	6.0	1.320	9	1.346	9.0	15.0	1.370	24.0	1.468
50	1.5	1.336	4	1.345	3.9	9.5	1.375	20.0	1.480
60	0.2	1.363	1.5	1.364	1.6	5.5	1.392		
70	0.25	1.432	0.75	1.405	—	3.0	1.430		

注：温度为72.5℃、75℃、80℃、85℃、90℃时，*C*值分别为1.2g [固相为 $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O + Al(NO_3)_3 \cdot 8H_2O$]，0.6g [以后的固相均为 $Al(NO_3)_3 \cdot 8H_2O$]、0.2g、0.1g和0.35g。

(5) 硝酸铅在硝酸中的溶解度 (25℃时)

硝酸溶液 /(mol/L)	溶解度 /(g/L)	硝酸溶液 /(mol/L)	溶解度 /(g/L)
1.01	178.0	4.38	13.9
2.32	61.0	7.18	0.538

（6）硝酸钾在硝酸中的溶解度　　单位：%(质量分数)

温度/℃	−5	0	5	10	15	20	21	22	30	40	50
S	24.8	27.0	29.4	31.6	34.0	37.7	40.0	46.0	50.2	51.0	51.7

（7）硝酸铵在硝酸中的溶解度　　单位：%(质量分数)

温度/℃	8.0	11.0	11.5	16.5	17.0	17.5	23.0	23.5	27.0	27.5	29.5	49.0	79.0
S	21.1	51.7	57.6	54.3	54.7	54.0	28.7	49.4	58.2	44.6	38.8	60.4	68.1

（8）硝酸铵在液氨中的溶解度　　单位：g/L

温度/℃	−50	−45	−40	−35	−30	−25	25
S	704	734	755	775	777	778	2355

（9）硝酸铵在甲醇和乙醇中的溶解度　　单位：%(质量分数)

温度/℃	无水甲醇			无水乙醇		
	18～25	30	60	18～25	30	80
S	17.1	20	39.6	2.5	3.8	10.1

（10）硝酸镁在液氨中的溶解度　　单位：%(质量分数)

温度/℃	−40	−30	−20	−10
S	4.8	2.8	2.0	1.2

（11）硝酸银在硝酸水溶液中的溶解度

溶解度/($gHNO_3$/100g饱和溶液)	溶解度/(g $AgNO_3$/100g 饱和溶液)							
	0℃	15℃		20℃	30℃		50℃	100℃
		溶解度	密度 d_4^{15}/(g/cm³)		溶解度	密度 d_4^{15}/(g/cm³)		
5	38.2	50.5	1.742	59.1	59.2	1.970	67.9	80.5
10	27.8	38.3	1.552	46.8	48.2	1.722	58.2	71.3
15	21.1	29.0	1.444	36.8	35.8	1.579	46.0	62.3
20	18.2	22.0	1.385	28.9	28.0	1.484	36.7	54.0
30	10.0	13.7	1.352	17.7	17.0	1.400	23.3	38.7
40	6.4	8.5	1.357	11.2	10.6	1.381	14.3	25.7
50	4.0	5.2	1.377	7.0	6.6	1.389	8.6	15.7
60	2.1	3.0	1.402	3.9	3.0	1.403	5.8	99.6
70		1.4		2.3			3.3	
80		0.8		0.9			1.5	
95		1.2		1.2			1.2	
96.5		1.3						

（12）硝酸银在乙醇水溶液中的溶解度

乙醇的体积分数/%	乙醇水溶液的相对密度	溶解度/(g $AgNO_3$/100g 乙醇水溶液)		
		15℃	50℃	75℃
10	0.986	158.0	—	—
20	0.975	107.0	214.0	340.0
30	0.964	73.7	—	—

续表

乙醇的体积分数/%	乙醇水溶液的相对密度	溶解度/(g $AgNO_3$/100g 乙醇水溶液)		
		15℃	50℃	75℃
40	0.951	56.4	98.3	160.0
50	0.933	35.8	—	—
60	0.912	30.5	58.1	89.0
70	0.889	22.1	—	—
80	0.863	10.3	—	42.0
95	0.815	3.8	7.3	18.3

(13) 硝酸银在各种有机溶剂中的溶解度

名称	分子式	温度/℃	S(质量分数)/%	名称	分子式	温度/℃	S(质量分数)/%
乙酸	CH_3COOH	30	0.0271	2,5-二哌啶酮	$C_5H_7NO_2$	18	25.9
吡啶	C_5H_5N	20	34	2-氨基苯乙炔	C_8H_7N	18	42.8
吡啶	C_5H_5N	30	29.0	丙腈	C_3H_5N	18	64.3
苯	C_6H_6	35	0.022	甲乙酮	C_4H_8O	25	0.22
苯酚	C_6H_5OH	35.5	11.9	六氢吡啶	$C_5H_{11}N$	25	4.46
苯胺	C_6H_7N	18	18.0	2-甲基苯胺	C_7H_9N	25	0.01
乙腈	C_2H_3N	25	52.9	乙二醇	$C_2H_6O_2$	25	33.2
苯乙酮	C_8H_8O	25	0.007				

表 8.2.24 亚硝酸钠和硝酸钠水溶液的互溶度

液相(100g H_2O 中的质量)/g														固相
0℃		21℃		52℃		65℃		81℃		92℃		103℃		
$NaNO_3$	$NaNO_2$	$NaNO_3$	$NaNO_2$	$NaNO_3$	$NaNO_2$	$NaNO_3$	$NaNO_2$	$NaNO_3$	$NaNO_2$	$NaNO_3$	$NaNO_2$	$NaNO_3$	$NaNO_2$	
0.0	73.0	0.0	84.8	0.0	108.8	0.0	120.7	0.0	137.1	0.0	149.7	0.0	166.0	$NaNO_2$
19.0	68.5	9.6	81.1	6.7	107.9	34.8	111.5	38.8	125.7	23.6	141.2	33.2	153.3	$NaNO_2$
36.3	67.1	23.5	79.7	20.6	104.3	62.8	108.5	69.8	122.7	57.6	134.6	58.8	148.8	$NaNO_2$
—	—	30.8	73.8	34.5	101.8	—	—	—	—	—	—	—	—	$NaNO_2$
—	—	—	—	43.2	99.5	—	—	—	—	—	—	—	—	$NaNO_2$
—	—	—	—	62.6	98.0	—	—	—	—	—	—	—	—	$NaNO_2$
41.7	64.9	54.9	73.1	82.0	97.8	90.6	107.8	101.0	122.6	107.8	132.3	116.0	142.4	$NaNO_2+NaNO_3$
46.8	50.3	56.7	64.2	88.0	65.2	96.0	78.3	111.5	79.1	130.6	60.2	126.8	100.0	$NaNO_3$
55.4	30.2	62.8	46.8	92.9	44.2	104.1	49.5	121.0	50.0	145.0	30.3	142.9	60.1	$NaNO_3$
74.2	0.0	74.7	21.6	101.4	27.2	113.4	28.4	131.7	27.2	163.5	0.0	181.2	0.0	$NaNO_3$
—	—	89.3	0.0	109.0	14.7	121.4	14.7	150.0	0.0	—	—	—	—	$NaNO_3$
—	—	—	—	118.0	0.0	131.0	0.0	—	—	—	—	—	—	$NaNO_3$

表 8.2.25 氯化钠和硝酸钠水溶液的互溶度

液相(100g H_2O 中的质量)/g														固相
5℃		15.5℃		20℃		25℃		30℃		50℃		100℃		
NaCl	$NaNO_3$	NaCl	$NaNO_3$	NaCl	$NaNO_3$	NaCl	$NaNO_3$	NaCl	$NaNO_3$	NaCl	$NaNO_3$	NaCl	$NaNO_3$	
26.33	0.0	26.43	0.0	—	—	26.45	0.0	26.47	0.0	26.86	0.0	28.16	—	NaCl
—	—	20.91	10.52	18.45	18.62	25.04	3.58	16.14	24.17	16.48	25.48	—	—	NaCl
—	—	17.04	21.52	17.34	21.30	28.56	6.95	13.11	32.02	—	—	—	—	NaCl
16.30	24.63	14.37	28.25	13.80	30.34	13.00	31.94	12.48	33.67	9.99	41.30	6.93	57.00	$NaCl+NaNO_3$
11.46	29.55	11.36	31.61	9.56	34.85	8.08	38.07	10.89	35.77	0.0	53.29	0.0	63.77	$NaNO_3$
0.0	43.28	5.34	38.34	7.67	37.18	5.33	41.32	4.5	43.39	—	—	—	—	$NaNO_3$
—	—	2.93	41.59	—	—	2.64	44.64	0.0	49.16	—	—	—	—	$NaNO_3$
—	—	0.0	45.47	—	—	0.0	47.83	—	—	—	—	—	—	$NaNO_3$

8.2.7 蒸　气　压

表 8.2.26　硝酸铵饱和水溶液的蒸气分压

温　度 /℃	浓　度 （NH_4NO_3/H_2O 摩尔比）	蒸气压/kPa		硝酸铵结晶系
		水蒸气	硝酸铵蒸气	
10	0.3587	1.228	0.917	斜方 α
20	0.4388	2.338	1.565	斜方 α
30	0.5379	4.245	2.524	斜方 α
40	0.6541	7.375	3.881	斜方 β
50	0.7797	12.33	5.961	

表 8.2.27　100℃时硝酸盐水溶液的蒸气压下降值　　　　单位：kPa

名　称	浓　　度/(mol/L)								
	0.5	1.0	2	3	4	5	6	8	10
硝酸钴	2.306	5.226	11.87	20.26	29.16	37.60	44.26		
硝酸钠	1.413	3.000	6.159	9.079	12.04	14.86	17.56	22.37	26.50
硝酸钙	2.186	4.640	9.946	18.57	21.56	27.38			
硝酸镍	2.146	4.973	12.17	20.82	31.33				
硝酸镉	2.120	4.813	10.40	18.29					
硝酸铵	1.707	2.933	5.613	8.359	11.05	13.84	16.13	20.29	24.00
硝酸铅	1.640	3.133	6.000	8.399					
硝酸镁	2.346	5.600	13.47	23.30					
硝酸钾	1.373	2.813	5.346	7.679	9.932	11.76	13.61	16.84	19.73
亚硝酸钾	1.546	3.253	6.666	10.00	13.09	16.33	19.53	25.20	30.16
硝酸锶	2.106	4.133	8.533	12.98	17.52				
硝酸锌	2.213	5.200	12.46	21.00	29.84				

8.2.8 比　热　容

表 8.2.28　硝酸盐的比热容

（1）温度单位为热力学度　　　　单位：kJ/(kg・K)

名　称	温　　度/K												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
$Gd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	0.0012	0.0008	0.0010	0.0018	0.0032	0.0051	0.0076	0.0106	0.0142	0.0224	0.0316	0.0412	0.0506

名　称	温　　度/K												
	20	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300
$Ba(NO_3)_2$	0.0422	0.0906	0.1429	0.2427	0.3168	0.3643	0.3971	0.4242	0.4492	0.4716	0.4906	0.5355	0.5801
$Gd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$	0.0592	0.1102	0.1731	0.2962	0.4010	0.4869	0.5584	0.6227	0.6864	0.7489	0.8058	0.9271	
KNO_3	0.0515	0.1370	0.2325	0.4026	0.5220	0.5965	0.6524	0.6940	0.7270	0.7579	0.7889	0.8695	0.9571
$NaNO_3$	0.0420	0.1136	0.1992	0.3707	0.5089	0.6118	0.6900	0.7490	0.8044	0.8477	0.8887	0.9934	1.102
$Sr(NO_3)_2$				0.3561	0.5032	0.5945	0.6539	0.7067	0.7580	0.8041	0.8428	0.9303	1.006
$TlNO_3$	0.0609	0.0995	0.1347	0.1897	0.2237	0.2447	0.2601	0.2723	0.2842	0.2968	0.3095	0.3390	0.3764

名　称	温　　度/K												
	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
$Sr(NO_3)_2$	1.006	1.071	1.166	1.240	1.300	1.363	1.425	1.485	1.544	1.603	1.661	1.719	1.776

注：材质状态如下。

（1）KNO_3、$NaNO_3$：为化学纯的并经 3～4 次再结晶提纯，在高真空中干燥。

（2）$TlNO_3$：为近乎 100%纯。

（2）温度单位为摄氏度　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	−100	0	50	100
$(NH_4)NO_3$比热容	1.281	1.662	1.736	1.792

表 8.2.29　硝酸盐水溶液的比热容

（1）硝酸钙、硝酸铅水溶液　　单位：kJ/(kg·℃)

溶　质	1mol 溶质溶于下列物质的量的水/mol			溶　质	1mol 溶质溶于下列物质的量的水/mol		
	25	50	100		25	50	100
硝酸银	3.140	3.555	3.823	硝酸钙	3.182	3.542	3.814
硝酸钾	3.483	3.768	3.948	硝酸镁		3.483	3.781
硝酸钠	3.613	3.843	9.977	硝酸铅①		3.140	3.563
硝酸钙	3.182	3.542	3.814	硝酸锌	3.006	3.446	3.764

① 温度为 15～51℃。

（2）硝酸铝水溶液　　单位：kJ/(kg·℃)

浓度/(mol/L)	0.5	1	2	3	4	5
c_p	4.004	3.821	3.578	3.353	3.142	2.989

（3）硝酸铵水溶液　　单位：kJ/(kg·℃)

浓度(质量分数)/%	3	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
c_p	4.039	3.985	3.852	3.453	2.977	2.857	2.768	2.673	2.374	2.127	1.927	1.740

（4）硝酸镁水溶液　　单位：kJ/(kg·℃)

浓　度 /(mol 水/mol 溶质)	温　度/℃						
	120	130	140	150	160	170	180
58.3	2.696	2.721					
59.5	2.575	2.613					
63.5	2.529	2.554	2.571	2.600			
67.3		2.244	2.324	2.412	2.512		
69.2		2.399	2.378	2.403	2.445	2.374	
72.1	2.378	2.422	2.437	2.466			
74.5				2.236	2.269	2.286	2.324

8.2.9　热　导　率

表 8.2.30　硝酸盐的热导率

（1）　　单位：W/(m·K)

温度/K	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450
热导率	0.8891	0.9263	0.9623	0.9681	0.9495	0.8891	0.7900	0.7984	0.8136	0.8316	0.8506

注：样品为分析试剂级纯度。测量是在熔融状态下进行的。

（2）　　单位：W/(m·K)

温度/K	470	475	480	485	490	495	500	505	510	520	530
热导率	0.4492	0.4626	0.3952	0.3870	0.4079	0.4161	0.4219	0.4254	0.4265	0.4265	0.4265

注：试件为特定纯度品位的硝酸钾熔融体缓慢冷却而得的多晶体。

表 8.2.31　硝酸盐水溶液的热导率　　单位：W/(m·K)

溶质	温度/℃	盐的浓度/%						
		0	5	10	20	30	40	50
$AgNO_3$	20	0.599	0.593	0.587	0.574	0.558	0.539	0.514
$Ca(NO_3)_2$	15	0.178	0.182	0.186	0.194	0.202		
$Ca(NO_3)_2$	20	0.599	0.594	0.589	0.578	0.565	0.550	0.533
$Ca(NO_3)_2$	25	0.174	0.179	0.184	0.192	0.201		
$Ca(NO_3)_2$	40	0.169	0.176	0.181	0.187	0.196		
$Ca(NO_3)_2$	60	0.163	0.168	0.173	0.182	0.194		
$Co(NO_3)_2$	20	0.599	0.590	0.583	0.565	0.520		
KNO_2	20	0.599	0.591	0.583	0.566	0.546	0.526	0.508
KNO_3	20	0.599	0.591	0.583	0.566			
$Mg(NO_3)_2$	20	0.599	0.590	0.582	0.564	0.542		
$NaNO_2$	20	0.599	0.596	0.592	0.583	0.574	0.560	
$NaNO_3$	20	0.599	0.595	0.590	0.580	0.568	0.556	
$NH_4(NO_3)$	25	0.210	0.215	0.223	0.230			
$NH_4(NO_3)$	40	0.204	0.212	0.219	0.223			
$NH_4(NO_3)$	60	0.199	0.208	0.217	0.226			
$Pb(NO_3)_2$	20	0.599	0.594	0.589	0.579	0.566	0.550	
$Sb(NO_3)_2$	20	0.599	0.594	0.589	0.579	0.566		
$Th(NO_3)_2$	20	0.599	0.590	0.582	0.563			

注：其他浓度和温度下的热导率见下表。

浓度(质量分数)/%	温　　度/℃	热导率/[W/(m·K)]
64.44	143.03	0.5033
65.58	130.36	0.4770
65.58	110.10	0.4360
71.61	125.70	0.4205
71.64	118.20	0.4062

8.2.10　其他物性

表 8.2.32　硝酸盐水溶液的固定湿度

固相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa	固相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa
$Ca(NO_3)_2·4H_2O$	18.5	56	1.181	NH_4Cl 和 KNO_3	20	72.6	1.68
$Ca(NO_3)_2·4H_2O$	24.5	51	1.546	NH_4Cl 和 KNO_3	25	71.2	2.226
KNO_2	20	45	1.041	NH_4Cl 和 KNO_3	30	68.6	2.879
$Mg(NO_3)·6H_2O$	18.5	56	1.181	$Pb(NO_3)_2$	20	98	2.266
$Mg(NO_3)·6H_2O$	24.5	52	1.586	$Pb(NO_3)_2$	103.5	88.4	101.3
NaCl、KNO_3 和 $NaNO_3$	16.4	30.5	0.564	$TiNO_3$	100.3	98.7	101.2
$NaNO_2$	20	66	1.533	$Zn(NO_3)_2·6H_2O$	20	42	0.972

表 8.2.33　硝酸盐的三相点温度和临界温度

项　目	物料名			
	硝酸铵	硝酸镁	亚硝酸钠	硝酸钠
分子式	NH_4NO_3	$Mg(NO_3)_2$	$NaNO_2$	$NaNO_3$
临界温度/K	—	989	973	1321
三相点温度/K	442.75	363.05	557.15	580.15

表 8.2.34 硝酸盐的熔解 单位：kJ/mol

分子式	r_m	分子式	r_m	分子式	r_m
$AgNO_3$	11.54	$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	36.80	NH_4NO_3	6.11
$Ba(NO_3)_2$	(24.70)	$CsNO_3$	13.61	$NaNO_3$	15.74
$Ca(NO_3)_2$	21.44	$CuNO_3 \cdot 6H_2O$	36.43	$RbNO_3$	5.61
$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	32.66	KNO_3	11.89	$TlNO_3$	9.59

表 8.2.35 硝酸盐的熔化热和燃烧焓

项目	物料名			
	硝酸铵 (NH_4NO_3)	硝酸镁 [$Mg(NO_3)_2$]	亚硝酸钠 ($NaNO_2$)	硝酸钠 ($NaNO_3$)
熔化热/(kJ/kmol)	6400	16000	—	14602.2
25℃时标准燃烧焓/(kJ/kmol)	−118080	—	—	—

8.2.11 质量指标

表 8.2.36 工业硝酸钾的质量指标（GB/T 1918—1998）

项目		指标/%		
		优等品	一等品	合格品
硝酸钾(KNO_3)(质量分数)/%	≥	99.7	99.4	99.0
水分	≤	0.10	0.10	0.30
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.10
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.05
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	—
吸湿率(质量分数)/%	≤	0.25	0.30	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.003	—	—
外观		白色结晶		

用途：国防工业用于制造黑火药、引火线等；热处理作淬火盐浴；陶瓷业用于制造彩釉；用作玻璃澄清剂，制造汽车灯玻璃、光学玻璃和显像管玻壳等。医药上生产青霉素钾盐等。还用作选矿药剂、肉制品的发色剂、防腐剂。

表 8.2.37 农业用硝酸钾的质量指标（GB/T 20784—2006）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氧化钾(K_2O)(质量分数)/%	≥	46.0	44.5	44.0
总氮(N)(质量分数)/%	≥	13.5	13.5	13.5
氯离子(Cl)(质量分数)/%	≤	0.2	1.2	1.5
游离水(H_2O)(质量分数)/%	≤	0.5	1.2	2.0
外观		白色或浅色的结晶粉末		

表 8.2.38　试剂用硝酸钾的质量指标（GB/T 647—93）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
KNO_3 含量(质量分数)/%	≥	99.0	99.0	98.5
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～8.0	5.0～8.0	5.0～8.0
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2 号	3 号	5 号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.002	0.004	0.006
总氯量(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.0015	0.003	0.005
碘酸盐(IO_3)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.002
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.01
亚硝酸盐(NO_2)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.002
铵(NH_4)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.005
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	0.05
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.004
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.001	0.004	0.006
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.0005
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001

表 8.2.39　工业硝酸钠的质量指标（GB/T 4553—2002）

项　　目		指　　标/%		
		优等品	一等品	合格品
硝酸钠($NaNO_3$)(干基)(质量分数)/%	≥	99.7	99.3	98.5
水分(质量分数)/%(出厂时为准)	≤	1.0	1.5	2.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.03	0.06	—
氯化物(以 NaCl 计)(干基)(质量分数)/%	≤	0.25	0.30	—
亚硝酸钠($NaNO_2$)(干基)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	—
碳酸钠(Na_2CO_3)(干基)(质量分数)/%	≤	0.05	0.10	0.15
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—
松散度(防结块剂产品的控制项目)/%	≥	90		
外观		白色(或带淡黄、浅灰)细小结晶		

用途：广泛用于制造硝酸钾、矿山炸药、苦味酸、染料、染料中间体的硝化剂等。玻璃工业用作消泡剂、脱色剂，澄清剂及氧化助熔剂。

表 8.2.40　食用硝酸钠的质量指标（HG/T 1891—1996）　　单位：%(质量分数)

项　　目		指标	项　　目		指标
硝酸钠($NaNO_3$)含量(以干基计)	≥	99.3	水不溶物含量	≤	0.03
氯化物(以 Cl 计)含量(以干基计)	≤	0.24	铁(Fe)含量	≤	0.005
亚硝酸钠($NaNO_2$)含量(以干基计)	≤	0.01	重金属(以 Pb 计)含量	≤	0.001
碳酸钠(Na_2CO_3)含量(以干基计)	≤	0.1	砷(As)含量	≤	0.0002
水分	≤	1.8			

用途：制造硝酸钾、炸药、苦味酸及其他硝酸盐，也可用作玻璃的消泡剂与脱色剂，搪瓷工业的助熔剂，烟草助燃剂，金属清洗剂和配制黑色金属发蓝剂，铝合金热处理和熔融烧碱色剂，农业上用作肥料。

表 8.2.41 试剂用硝酸钠的质量指标（GB/T 636—92）

项目	指标 分析纯	指标 化学纯	项目	指标 分析纯	指标 化学纯
$NaNO_3$含量(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	磷酸盐(PO_4)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
pH 值(25℃)	5.5～7.5	5.5～7.5	铵(NH_4)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005
澄清度试验	合格	合格	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.004	0.01	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
总氯量(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.0015	0.005	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0005
碘酸盐(IO_3)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.003	0.01	外观	无色三方结晶或菱形结晶或白色细小结晶或粉末	
亚硝酸盐(NO_2)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001			

表 8.2.42 工业亚硝酸钠的质量指标（GB/T 2367—2006） 单位：%

项目	指标/% 优等品	指标/% 一等品	指标/% 合格品
亚硝酸钠($NaNO_2$)(以干基计)(质量分数)/% ≥	99.0	98.5	98.0
硝酸钠($NaNO_3$)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.8	1.0	1.9
氯化物(以 NaCl 计)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.10	0.17	—
水不溶物(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.05	0.06	0.10
水分(质量分数)/% ≤	1.4	2.0	2.5
松散度(以不结块物的计)(质量分数)/% ≤	85		
外观	白色(或微淡黄)结晶		

用途：用于织物染色的媒染剂；丝绸、亚麻的漂白剂，金属热处理剂；钢材缓蚀剂；氰化物中毒的解毒剂，实验室分析试剂，在肉类加工中用作发色剂、防腐剂。

表 8.2.43 试剂用亚硝酸钠的质量指标（GB/T 633—94）

项目	指标 分析纯	指标 化学纯	项目	指标 分析纯	指标 化学纯
$NaNO_2$(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.005	—
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	3 号	5 号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.002	0.01	重金属(质量分数)/% ≤	0.002	0.001
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.005	0.04	外观	白色或微带淡黄色斜方晶系结晶或粉末	
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.005	0.03			
钾(K)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005			

表 8.2.44 食用亚硝酸钠的质量指标（GB 1907—2003）

项目	指标	项目	指标
亚硝酸钠($NaNO_2$)(以干基计)(质量分数)/% ≥	99.0	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.001(重金属含量≤0.01%时,不再测定)
干燥失量(以出厂检验结果为准)(质量分数)/% ≤	0.25	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0002
水不溶物(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.05	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.002
		外观	白色或微带淡黄色斜方晶

用途：护色剂、防腐剂。色层分析。点滴分析用以定汞、钾和氯酸盐。氮化试剂和亚硝化试剂。土壤分析。肝功能试验中测定血清胆红素。

表 8.2.45 工业硝酸钙的质量指标（HG/T 3787—2005）

项目	指标 一等品	指标 合格品	项目	指标 一等品	指标 合格品
硝酸钙[以 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 计]（质量分数）/% ≥	99.0	98.0	pH 值(50g/L 溶液)	5.5～7.0	1.5～7.0
			氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.015	
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.05	0.1	铁(以 Fe 计)(质量分数)/% ≤	0.001	

用途：农业上用作酸性土壤的速效肥料，工业上用作橡胶乳液的絮凝剂及水泥硬化促进剂。

表 8.2.46 无水硝酸钙的质量指标（GB 668—78）

项目	指标	项目	指标
硝酸钙/% ≥	99.0	氧化钙/% ≥	33.0
总氮/% ≥	15.8	水不溶物/% ≤	0.1
pH 值	6～8	水分/% ≤	1.5

用途：是制造其他硝酸盐类的原料。电子仪表工业于涂覆阴极。农业上用作酸性土壤的速效肥料和植物快速补钙剂及高档栽培肥料。

表 8.2.47 工业亚硝酸钙的质量指标（HG/T 3595—1999） 单位：%(质量分数)

项目		指标 Ⅰ型 一等品	指标 Ⅰ型 合格品	指标 Ⅱ型 一等品	指标 Ⅱ型 合格品
亚硝酸钙含量	$Ca(NO_2)_2$(以干基计) ≥	92.0	90.0	—	—
	$Ca(NO_2)_2 \cdot 4H_2O$ ≥	—	—	96.0	92.0
硝酸钙含量	$Ca(NO_3)_2$(以干基计) ≥	4.5	5.0	—	—
	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ≥	—	—	3.0	6.0
水分	≤	1.5	3.0	—	—
水不溶物含量	≤	2.0	2.0	—	—

用途：主要用作水泥混凝土外加剂的主要原料，可配置成混凝土防冻剂、钢筋阻锈剂、早强剂等。还可用于重油洗涤，润滑油乳化以及化学有机合成等领域。

表 8.2.48 硝酸铬的质量指标（HG 3-936—76）

项目	指标/%	项目	指标/%	项目	指标/%
硝酸铬 ≥	98.0	硫酸盐(SO_4) ≤	0.02	钙(Ca) ≤	0.01
水不溶物 ≤	0.02	铝(Al) ≤	0.05	钾(K) ≤	0.10
氯化物(以 Cl 计) ≤	0.01	铁(Fe) ≤	0.01	钠(Na) ≤	0.10
外观	红紫色单斜晶				

用途：制备铬催化剂、腐蚀抑制剂、玻璃制造和印染等。

表 8.2.49 硝酸铜的质量指标（HG 3-931—76）

项目	指标 化学纯	指标 工业级	项目	指标 化学纯	指标 工业级
硝酸铜[$Cu(NO_3)_2$](质量分数)/% ≥	99.0		铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
水溶液反应	合格		硫化物不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.1	
氯化物(以 Cl^- 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01			
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/% ≤	0.02				

用途：用于制造较纯的氧化铜和铜盐，还用于镀铜和制造农药，用作媒染剂、铜催化

剂、助燃剂等。

表 8.2.50 试剂用硝酸铜的质量指标（HG/T 3443—2003）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量[$Cu(NO_3)\cdot 3H_2O$](质量分数)/%	99.0～102.0	99.0～103.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02
pH值(50g/L,25℃)	3.0～4.0	3.0～4.0	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.002	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	硫化氢不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.05	0.1
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005	外观	蓝色结晶	

表 8.2.51 硝酸铁的质量指标（HG 3-1394—81） 单位：%(质量分数)

项目	指标		项目	指标	
	化学纯	工业级		化学纯	工业级
硝酸铁[$Fe(NO_3)_3\cdot 9H_2O$] ≥	98.0	98.0	铜(Cu) ≤	0.003	—
水不溶物 ≤	0.01	0.1	锌(Zn) ≤	0.003	—
氯化物(以 Cl^- 计) ≤	0.002	0.1	氨水不沉淀物(以硫酸盐计) ≤	0.1	0.2
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计) ≤	0.01	0.05			

注：外观为无色至浅紫色单斜结晶。

用途：用作催化剂和媒染剂，也用作金属表面处理剂，氧化剂，分析试剂等。

表 8.2.52 硝酸铝的质量指标（HG 3-928—76）

项目	指标		
	化学纯	特定级	工业级
硝酸铝[$Al(NO_3)_3.9H_2O$](质量分数)/% ≥	98.0		
水溶液反应	合格		
澄清度试验	合格		
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.02	0.05	0.1
氯化物(Cl^-)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	0.01
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02	0.02
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.005	0.005	0.05
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.005		
碱金属及碱土金属(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.5		

注：外观为无色斜方晶系结晶。

用途：用于制造有机合成用催化剂、印染工业的媒染剂、鞣革和皮革整理剂、防腐蚀抑制剂等。

表 8.2.53 工业硝酸铵的质量指标（GB 2945—82）

项目	工业用			农业用	
	结晶状	颗粒状		一类	二类
		一级	二级		
硝酸铵(NH_4NO_3)(质量分数)/% ≥	99.5				
总氮(N)(干基)(质量分数)/% ≥	—	—	—	34.6	34.4
水分(出厂时)(质量分数)/% ≤	0.4	0.7	1.2	1.0	1.7
酸度(以硝酸计)(质量分数)/% ≤	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
水不溶物含量(质量分数)/% ≤	0.05	0.05	0.05	—	—
填料(以硝酸钙计)(质量分数)/% ≤	—	—	—	—	0.4～1.2
外观	白色,无肉眼可见的杂质			允许带微黄色	

注：无填料的硝酸铵用于农业时不控制水不溶物含量。

用途：用作肥料、分析试剂、氧化剂、杀虫剂、致冷剂，并可用于制造笑气、烟火和炸药等。

表 8.2.54　多孔粒状硝酸铵的质量指标（HG 3280—90）

项　　目		指　　标	
		一等品	合格品
外观		无肉眼可见杂质	无肉眼可见杂质
硝酸铵含量①(以干基计)(质量分数)/%	≥	99.5	99.5
游离水分②(质量分数)/%	≤	0.3	0.5
10%硝酸铵水溶液 pH 值	≥	4.0	4.0
吸油率(质量分数)/%	≥	7	7
松密度/(g/cm^3)		0.76～0.83	0.73～0.86
粒度(ϕ0.5～5mm 的颗粒)(质量分数)/%	≥	90	90

① 含填料的硝酸铵含量（以干基计）应大于或等于 99.0%。

② 游离水含量以出厂检验结果为准。

表 8.2.55　试剂用硝酸铵的质量指标（GB/T 659—93）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
NH_4NO_3含量(质量分数)/%	≥	99.0	99.0	98.0
pH 值(50g/L,25℃)		4.5～6.0	4.5～6.0	4.5～6.0
澄清度试验(HG 3-1168)		2 号	3 号	5 号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.03
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
亚硝酸盐(NO_2)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.003
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001	0,0002	0.001
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001

表 8.2.56　工业硝酸钡的质量指标（GB/T 1613—2008）

项　　目		指　　标	
		Ⅰ类	Ⅱ类
硝酸钡[$Ba(NO_3)_2$](以干基计)(质量分数)/%	≥	99.3	99.0
水分(质量分数)/%	≤	0.05	0.10
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	0.10
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003
氯化物(以 BaCl 计)(质量分数)/%	≤	0.05	—
pH 值(10g/L 水溶液)		5.0～8.0	—
外观		白色结晶或粉末	

用途：用于制造烟花、信号弹、军工弹药、分析试剂、光学玻璃、陶器釉药、低温盐浴、钡盐的原料。

表 8.2.57 试剂用硝酸钡的质量指标（GB/T 653—94）

项　目	指标：分析纯	指标：化学纯	项　目	指标：分析纯	指标：化学纯
$Ba(NO_3)_2$含量(质量分数)/% ≥	99.5	99.0	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
pH 值(50g/L,25℃)	5.0～7.0	5.0～7.0	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.02	0.04
澄清度试验(HG 3-1168)	3 号	5 号	锶(Sr)(质量分数)/% ≤	0.03	0.06
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.02	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.001
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01			

表 8.2.58 试剂用硝酸银的质量指标（GB/T 670—2007）

项　目	指标：优级纯	指标：分析纯	指标：化学纯
含量($AgNO_3$)(质量分数)/% ≥	99.8	99.8	99.5
pH 值(50g/L,25℃)	5.0～6.0	5.0～6.0	5.0～6.0
澄清度试验(HG 3-1168)	2 号	3 号	5 号
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	0.003
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.002	0.004	0.006
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0004	0.0007
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	0.002
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	0.002
盐酸不沉淀物(质量分数)/% ≤	0.005	0.02	0.03
外观	无色透明斜方晶系片状晶体		

表 8.2.59 工作基准试剂一硝酸银的质量指标（GB 12595—2008）

项　目	工作基准	项　目	工作基准
含量($AgNO_3$)(质量分数)/% ≥	99.95～100.05	氯化物(以 Cl^- 计)(质量分数)/% ≤	0.0005
外观	无色或白色结晶	硫酸盐(SO_4^{2-})(质量分数)/% ≤	0.002
pH 值(50g/L,25℃)	5.0～6.0	铁(以 Fe 计)(质量分数)/% ≤	0.0002
澄清度试验(HG/T 3484)	2 号	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.0005
干燥失重(质量分数)/% ≤	0.1	铅(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005
盐酸不沉淀物(质量分数)/% ≤	0.005		

表 8.2.60 硝酸镉的质量指标（GB 1284—77）

项　目	指标：工业级	指标：化学纯	项　目	指标：工业级	指标：化学纯
硝酸镉[$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$](质量分数)/% ≥	98.5	98.0	硫酸盐(SO_4^{2-})(质量分数)/% ≤	0.003	0.02
水溶液反应	合格		铁(以 Fe 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.005
澄清度试验	2 号	4 号	铅(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	硫化物不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.2	0.5
氯化物(以 Cl^- 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.01			

用途：主要用于制瓷器和玻璃上色，用于制造催化剂、电池、含镉药剂等，也是制造其他镉盐和氧化镉的原料。用作玻璃和陶瓷的着色剂，照相胶片用乳化剂，以及测定锌和亚铁氰化物的试剂。

表 8.2.61　工业硝酸锰的质量指标（HG/T 3817—2006）

项　　目	指标		项　　目	指标	
	一等品	合格品		一等品	合格品
硝酸锰[$Mn(NO_3)_2$]（质量分数）/%　≥	50.0	50.0	铁(Fe)（质量分数）/%　≤	0.01	0.02
氯化物（以 Cl 计）（质量分数）/%　≤	0.03	0.05	pH 值（1+30 溶液，25℃）	1.9～2.1	1.9～2.1
硫酸盐（以 SO_4 计）（质量分数）/%　≤	0.01	0.05	水不溶物（质量分数）/%　≤	0.04	0.05

用途：是优良的传热介质，广泛应用于石油、化工和热处理行业。可替代蒸气和导热油。

表 8.2.62　试剂用 50%硝酸锰溶液的质量指标（HG/T 3467—2003）

项　　目	分　析　纯	化　学　纯
含量[$Mn(NO_3)$]（质量分数）/%	49.0～51.0	49.0～51.0
水不溶物（质量分数）/%　≤	0.005	0.01
氯化物(Cl)（质量分数）/%　≤	0.001	0.002
硫酸盐(SO_4)（质量分数）/%　≤	0.01	0.04
铁(Fe)（质量分数）/%　≤	0.005	0.002
锌(Zn)（质量分数）/%　≤	0.02	0.05
重金属（以 Pb 计）（质量分数）/%　≤	0.001	0.002
碱金属及碱土金属（以硫酸盐计）（质量分数）/%　≤	0.10	0.25

表 8.2.63　试剂用硝酸镍的质量指标（HG/T 3448—2003）

项　　目	指　　标		
	优级纯	分析纯	化学纯
$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 含量（质量分数）/%　≥	99.0	98.0	98.0
水不溶物（质量分数）/%　≤	0.005	0.005	0.01
氯化物(Cl)（质量分数）/%　≤	0.001	0.001	0.005
硫酸盐(SO_4)（质量分数）/%　≤	0.005	0.005	0.01
铵(NH_4)（质量分数）/%　≤	0.05	—	—
钠(Na)（质量分数）/%　≤	0.005	0.01	0.02
镁(Mg)（质量分数）/%　≤	0.005	0.01	0.02
钾(K)（质量分数）/%　≤	0.005	0.005	0.01
钙(Ca)（质量分数）/%　≤	0.005	0.01	0.02
铁(Fe)（质量分数）/%　≤	0.0005	0.0005	0.001
钴(Co)（质量分数）/%　≤	0.005	0.01	0.05
铜(Cu)（质量分数）/%　≤	0.0005	0.001	0.005
锌(Zn)（质量分数）/%　≤	0.001	0.005	0.02
镉(Cd)（质量分数）/%　≤	0.001	—	—
铅(Pb)（质量分数）/%　≤	0.0005	0.001	0.005
外观	翠绿色结晶	翠绿色结晶	翠绿色结晶

表 8.2.64　试剂用六水合硝酸钴的质量指标（GB/T 15898—1995）　单位：%（质量分数）

项　　目	指标		项　　目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$CO(CO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 含量　≥	99.0	97.0	铁(Fe)　≤	0.0005	0.003
水不溶物　≤	0.005	0.01	镍(Ni)　≤	0.005	0.5
氯化物（以 Cl 计）　≤	0.005	0.01	铜(Cu)　≤	0.002	0.01
硫酸盐（以 SO_4 计）　≤	0.005	0.02	锌(Zn)　≤	0.05	0.1
铵(NH_4)　≤	0.2	—	硫化铵不沉淀物（以硫酸盐计）　≤	0.1	0.5
锰(Mn)　≤	0.005	0.02			

表 8.2.65 工业硝酸锌的质量指标（HG/T 3582—2009）

项目		指标		
		固体		液体
		一等品	合格品	
硝酸锌[$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$]（质量分数）/%	≥	98.0	98.0	80.0
游离酸（以 HN_3计）（质量分数）/%	≤	0.03	0.04	0.03
铁(Fe)（质量分数）/%	≤	0.01	0.02	0.005
铅(Pb)（质量分数）/%	≤	0.04	0.25	0.20
硫酸盐（以 SO_4计）（质量分数）/%	≤	0.05	0.15	—
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.1	0.2	—
氯化物（以 Cl 计）（质量分数）/%	≤	0.02	0.1	—

用途：常用作电镀锌及配制钢铁磷化剂、印染媒染剂、医药酸化催化剂、乳胶凝胶剂，树脂加工催化剂等。

表 8.2.66 试剂用六水合硝酸锌的质量指标（GB/T 667—1995）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 含量(质量分数)/%	≥	99.0	98.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
pH 值(50g/L,25℃)		3.5	3.5	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.001
澄清度试验(HG 3-1168)		2 号	4 号	铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	硫化铵不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002				

表 8.2.67 硝酸铈的质量指标（GB/T 4151—1996） 单位：%(质量分数)

项目		指标		项目		指标	
		$Ce_2(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$-1	$Ce_2(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$-2			$Ce_2(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$-1	$Ce_2(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$-2
REO	≥	39	37	Fe_2O_3	≤	0.002	0.005
CeO_2/REO	≥	99.5	99	PO_4^{3-}	≤	0.005	0.005
La_2O_3	≤	0.5	1.0	SO_4^{2-}	≤	0.05	0.05
Pr_6O_{11}	≤			Cl^-	≤	0.002	0.005
Sm_2O_3	≤			PbO	≤	0.001	0.001
Nd_2O_3	≤			外观		无色或浅红色结晶	
Y_2O_3	≤						

用途：用于制造煤气灯网罩、药物、试剂，并用于原子能、电子管等工业。

表 8.2.68 试剂用硝酸锶的质量指标（GB/T 669—94）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
$Sr(NO_3)_2$含量(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.03	0.05
澄清度试验(HG 3-1168)		2 号	4 号	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	钾(K)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
干燥失重(质量分数)/%	≤	0.1	0.5	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.03	0.05
游离酸(以 HNO_3计)(质量分数)/%	≤	0.013	0.013	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002	钡(Ba)(质量分数)/%	≤	0.02	0.1
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001

表 8.2.69 硝酸锂的质量指标

项目		指标		
$LiNO_3$(质量分数)/%		98.5	99.0	99.9
杂质含量(质量分数)/% ≤	钠(Na)	0.1	0.05	0.005
	钾(K)	0.05	0.05	0.005
	钙(Ca)	0.05	0.03	0.005
	镁(Mg)	0.01	0.005	0.001
	铁(Fe)	0.002	0.001	0.001
	重金属(以Pb计)	0.002	0.001	0.001
	氯(Cl)	0.01	0.005	0.002
	水不溶物	0.02	0.01	0.01

用途：用于陶瓷，焰火制造，熔融盐浴，火箭推进剂，冷冻机，分析试剂。也用于荧光体制造，热交换载体，其他锂盐制造。还可用于烟火制造的氧化剂，玻璃蚀刻剂，抗静电剂，冶金工业中的熔盐组分等。

表 8.2.70 硝酸钍的技术指标（GB 4105—84） 单位：%(质量分数)

项目		指标(纱罩用) $Th(NO_3)_4 \cdot xH_2O$-1	项目		指标(纱罩用) $Th(NO_3)_4 \cdot xH_2O$-1
二氧化钍(ThO_2)	≥	46	重金属(以Pb计)	≤	0.001
硫酸根(SO_4^{2-})	≤	0.04	二氧化硅(SiO_2)	≤	001
五氧化磷(P_2O_5)	≤	0.001	稀土氧化物(REO)	≤	痕
氯化物(以Cl^-计)	≤	0.001	氧化铀(以U_3O_8计)	≤	痕
三氧化二铁(Fe_2O_3)	≤	0.0002	水溶解试验		清
二氧化钛(TiO_2)	≤	0.01	外观		无色或白色六角板状结晶

表 8.2.71 硝酸磷肥、硝酸磷的质量指标（GB/T 10510—2007）

项目		硝酸磷肥			硝酸磷钾肥		
		优等品 27-135-0	一等品 26-11-0	合格品 25-10-0	优等品 22-10-10	一等品 22-9-9	合格品 20-8-10
总养分($N+P_2O_5+K_2O$)(质量分数)/%	≥	40.5	37.0	35.0	42.0	40.0	38.0
水溶性磷占有效磷(质量分数)/%	≥	70	55	40	60	50	40
水分(游离水)(质量分数)/%	≤	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
粒度(粒径 100～475mm)(质量分数)/%	≥	95	85	80	95	85	80
氯离子(Cl)(质量分数)/%	≤	—	—	—	3.0	3.0	3.0

注：1. 单一养分测定值与标明值负偏差的绝对值不得大于1.5%。

2. 如硝酸钾磷肥产品氯离子含量大于3.0%，并在包装容器上标明“含氯”，可不检验该项目，包装容器未标明“含氯”时，必须检验氯离子含量。

第 9 章　氟化物和氟酸盐

目　　录

9.1 氟 化 物

9.1.1 物 性 总 览

表 9.1.1 氟化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgF	氟化银	126.87	黄	立	~	5850^{16}	435	(1159)	表 9.1.6		+HF	÷NH_4OH	÷	÷NH_3
AgF_2	氟化高银	145.86	暗棕	单		4860	约 690	//700	×		×			
Ag_2F	一氟化二银	234.74	黄	六		8570	// 95		//					
AlF_3	氟化铝	83.98	白	六	1.376	2882^{25}	1040	↑1200	表 9.1.6		—	—		÷热硫酸；—丙酮
$AlF_3 \cdot H_2O$	氟化铝·1水	101.99	无	正	1.490	2170	//		÷					
$AlF_3 \cdot 3\frac{1}{2}H_2O$	氟化铝·$3\frac{1}{2}$水	147.03	白	晶、粉		1914^{25}	$-2H_2O$ 100	$-3\frac{1}{2}$ 250	—	÷				//乙酸
$AlF_3 \cdot 3NaF$	氟化铝钠	209.96	白	单	1.339	2900	1040		÷		—	—		
$3AlF_3 \cdot 2HF \cdot 5H_2O$	酸式氟化铝·5水	382.06		晶	团				÷					
$AlF_6 \cdot 7H_2O$	氟化铝·7水	294.05	白	晶	粉		$-4H_2O$ 120	$-6H_2O$ 250	—	÷				
AsF_3	三氟化砷	131.92	无	油	发烟 ~	2600	−8.5	63	+ //				+	+苯，乙醚
BaF_2	氟化钡	175.33	白	立、粉	1.475	4890	1355	2137	0.159^{10}	0.162^{30}	+Cl，N		+HF	+乙酸、氯化铵
$BaF_2 \cdot BaBr_2$	氟溴化钡	472.55	无	片		4510^{18}	1008		//		+浓		—	
$BaF_2 \cdot BaCl_2$	氟氯化钡	383.63	无	四	1.640	5210^{18}			//		+浓		—	
$BaF_2 \cdot BaI_2$	氟碘化钡	566.56		片		4210^{0}	// 675	1400	//		//			
BeF_2	氟化铍	47.01	无	四、六		1986	797	1159	++		+S		+	
$BeF_2 \cdot 2NaF$	氟化铍钠	131.00	白	正或单			//		1.47^{18}	2.94				
$BF_3 \cdot 2H_2O$	氟化硼·2水	103.84	无-淡黄	液		1632^{20}	6							+乙醚，二噁烷
$BF_3 \cdot NH_3$	氟化硼铵	84.84				1860	163		+					
BiF_3	氟化铋	266.00	白	粉(或灰晶)	1.74	8300	728		—		+		—	+浓氢氟酸
$BiF_3 \cdot 3HF$	酸式氟化铋	326.01	灰白	晶、固	~					//				
BiOF	氟化氧铋	243.98	白	晶	粉	7500	//		—		溶解			+IH，HBr
BiF_5	五氟化铋	303.97	白	斜	吸水变成黄褐色									

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
BeF_2	氟化铍	47.01	白	粉或晶			552	1175						
BrF	一氟化溴	98.90	红	液或气			−33	20	×					
BrF_3	三氟化溴	136.90	亮黄	液	剧毒 强腐蚀	2840	8.8	126	×			×		
BrF_5	五氟化溴	174.90	无	液	//>400	2466	−61	40.8	×					
CaF_2	氟化钙	78.08	白	粉	1.434	3180	1360①	2500	—		+Cl*②		−丙酮	+铵盐溶液
CdF_2	氟化镉	150.40	白	立	毒 1.56	6640	1100	1758	÷	4.5^{25}	+		—	+HF;$-NH_3$
CeF_3	三氟化铈	197.13				6160	1324		—					
$CeF_4.H_2O$	氟化高铈·1水	243.13	无	晶		4770	650		—		+			
$CeF_4 \cdot H_2O$	四氟化铈·1水	234.15	棕	无或六	1.614	4500~5000	// 295		—					
ClO_2F	氟化二氧氯	86.45			湿空气中发烟		−115	−5.6	//					$+CCl_4$
CoF_2	氟化亚钴	96.94	玫瑰红	单	毒 腐蚀	4430	1100~1200	↑1400	÷	//	++热矿酸	+FH	—	−醚、苯
$CoF_2 \cdot 2H_2O$	二水氟化钴·2水	132.96	玫瑰红	单				//	÷	//	+			+HF
$CoF_2 \cdot 2H_2O$	四水氟化钴·2水	168.99				2.19	200							
$CoF_2 \cdot 5HF \cdot 6H_2O$	氟化五氢钴·6水	305.08	橙红	晶	1.384	2045			+					
CrF_2	氟化亚铬	89.99	深绿	单		4110	1100	>1310	÷		+Cl*		—	
CrF_3	三氟化铬	109.01	暗绿	斜或粉		3780	1400	1100~1200	4^{20}	6^{60}	÷	−氨	—	+HF,液氨
$CrF_3 \cdot 9H_2O$	氟化铬·9水	272.11	紫	晶、粉					÷÷		+Cl	+	—	
CsF	氟化铯	151.90	无	立	1.480	4115	682	1251	表9.1.6				—	
$CsHF_2$	氟化氢铯	171.91		针	~		160		+++		+++		—	
CuF_2	氟化铜	101.54	白	晶	有毒 ~	4230	770		÷	×	+Cl,N	−氨水	+	−丙酮;+HF
$CuF_2 \cdot 2H_2O$	氟化铜·2水	137.60	淡蓝	晶,粉	有毒	2934^{25}	>130	// 130	4.7^{20}	//	+Cl,N,FH	$+NH_4OH$	+	+丙酮;$-NH_3$
Cu_2F_2	氟化亚铜	165.14	红	晶			908	↑1100	—		+Cl′,N	//N	—	+HF,HCl
DyF_3	氟化镝	219.50	无	六或斜		(斜)7465	1360	2200	—		−稀			
ErF_3	氟化铒	224.28	玫瑰红	晶			1350	2200	—		—			
EuF_2	氟化亚铕	189.96	浅黄	晶		6500	1380	>2400	—					
FeF_2	氟化亚铁	93.84	白	四、粉		4090	1100		÷		÷Cl*,N		—	−乙醚;//硫酸
$FeF_2 \cdot 4H_2O$	氟化亚铁·4水	165.91	白	正		2095	//		÷		+			
$FeF_2 \cdot 8H_2O$	氟化亚铁·8水	237.91	白板或绿	棱晶		4200	$-8H_2O$ 100		÷	+	+		—	+HF;−乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
FeF_3	氟化铁	112.84	绿	立		3180	1027	1327	0.091[25]	÷	÷		—	—乙醚
$FeF_3\cdot4\frac{1}{2}H_2O$	氟化铁·$4\frac{1}{2}$水	193.93	淡黄	晶			$-3H_2O$ 100	//	÷	+			—	
GdF_3	氟化钆	214.25	白	晶或粉	～	7100	1231	2277	—		—Cl,N,S	÷HF*		+高氯酸
GeF_2	氟化亚锗	110.59	白	晶、分	≈				++					
$GeF_4\cdot3H_2O$	四氟化锗·3水	202.65	白	晶	～		//		+					
$HF\cdot H_2O$	氟化氢·1水	38.03	无	液	发烟		35.4		++					
HfF_4	四氟化铪	254.48	无	单		7130		↑974	—	—	—			+HF
HgF_2	氟化汞	238.61	白	立	有毒	8950[15]	645 //	650	//		+N稀		×CS_2	+HF
$HgF_2\cdot HgO\cdot H_2O$	二氟氧化汞·1水	473.24	黄	晶			// 100		//		+N			
$Hg(NH_2)F$	氟化氨基汞	235.61	黄	粉	有毒				—				—	
$HgF_2\cdot2H_2O$	氟化汞·2水	274.63	白	晶			//		//		+N			+HF
Hg_2F_2	氟化亚汞	439.18	黄	晶		8730	570	↑>260	+ //			//		
HoF_3	氟化钬	221.93	浅黄	晶			1143	2227	—		—稀			
IF_5	五氟化碘	221.90	无	液	剧毒　强腐蚀	3750	9.4	98	×		×	×		
$In_2F_6\cdot18H_2O$	三氟化铟·18水	667.81	白	针			//		÷	//	+Cl,N		—	—乙醚
InOF	氟氧化铟	149.82	白	晶					—	—				—所有的常见溶剂
IrF_4	四氟化铱	269.22	黄褐	油					//					
IrF_6	六氟化铱	306.22	浅黄	四		6000	44.1	53.6	×					
KF	氟化钾	58.10	无	立	毒　1.352	2480	857	1505	表 11.1.2.1				÷÷	+HF、NH_3;÷丙酮
$KF\cdot2H_2O$	氟化钾·2	94.13	无	单或棱	1.352	2454	41		+++				—	+HF
KHF_2	氟化氢钾	78.11	无	立	毒　～	2370	239	//400～500	表 9.1.6				—	+$KC_2H_8O_2$
K_2TaF_7	氟化钽钾	392.14	白	丝、针					÷冷	+热				
KrF_2	二氟化氪	121.80	无	晶			// 20							
LaF_3	氟化镧	195.91	无	六		5930	1490	2327	—		+Cl′*			
LiF	氟化锂	25.94	白	立粉	1.392	2636[20]	845	1676	表 9.1.6		+	—	—	—丙酮;+HF
LiHF	酸式氟化锂	45.95		晶	强酸味		//		÷					
LuF_3	氟化镥	231.96	无	六或斜		8440	1182	2200	—					
MgF_2	氟化镁	62.30	白	晶,粉	≈　1.378	3130	1266	约 2250	0.0076[18]	—	÷N		÷÷	—HF
MnF_2	二氟化锰	92.93	红紫	晶		3980	856	1637	表 9.1.6		×热	—乙醚	—	+HF;÷NH_3

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
MnF_3	三氟化锰	111.93	暗红棕	棱		3900	856		//		+			
Mn_2F_6	六氟化二锰	223.88	暗红棕	棱	晶	3900	856							
MoF_5	五氟化钼	190.3	亮黄	固			67	211						+二甲醚、乙腈
MoF_6	六氟化钼	209.93	白	斜、立		2550	17.6	33.9	÷	//	÷Cl,S	×		×NH_4OH
$MoOF_4$	四氟化一氧化钼	187.95	白		~	3001	98	180	+				+	
NaF	氟化钠	41.99	无	四	毒 1.326	2790	993	1695	表9.1.6				—	++HF;÷÷丙酮
$NaHF_2$	氟氢化钠	62.00	无	晶	毒 强酸味	2080	//		3.7^{20}	++	+S′,Cl,N			
NbF_5	五氟化铌	187.90	无	单	~	3290	72~73	236	+	×			+	③
NdF_3	氟化钕	201.24	淡红	粉			1410	2300						
NF_2SO_2F	氟化二氟代氨基硫酰	135.06	无	液	有毒	1545		−18						
NF_2SCOF	氟化二氟代氨基碳氧	99.01	无	气	高毒	1630								
NH_4F	氟化铵	37.04	无	六	毒 ~	1009	↑	//	表9.1.6	//			÷	—液氨、丙酮
$NH_4F·HF$	氟化氢铵,二氟化铵	57.04	白	六	毒 ~	1500	125.6		+				÷	
NH_4HF_2	氟化氢氨	57.05	白	正	毒 1.390	1503	挥发	124.6	++	//			÷	
NiF_2	氟化镍	96.71	绿	四		4630			÷÷		—		—	—乙醚、NH_3
$NiF_2·2CeF_4·7H_2O$	氟化高铈镍·7水	655.03	苹果绿	晶					//					
$NiF_2·2H_2O$	氟化镍·2水	132.74	绿	晶					÷		+			+HF
$NiF_2·4H_2O$	氟化镍·4水	168.75	绿	晶					÷÷				—	—醚
$NiF_3·5HF·6H_2O$	七氟化五氢镍·6水	304.83	蓝绿	晶	1.392	2132			+		+			// NH_4OH
NpF_4	四氟化镎	313.04	亮绿	单		6800	1750		—		×N′*			
NpF_6	六氟化镎	351.04	橙棕	斜		5000	53	55.2						
OsF_6	六氟化锇	304.9	绿	晶			32.1	45.9						
OsF_8	八氟化锇	342.20	柠檬黄	晶			34	48	//					
PbF_2	氟化铅	245.20	白	正(或非、粉)		8240	855	1292	表9.1.6		④	—乙酸	—液氨	÷HF_3;—丙酮
PdF_2	二氟化钯	144.42	褐	(非纯)					÷					+HF
PdF_3	三氟化钯	163.42	黑	粉	~	5060	//		//					+HF
PF_5	五氟化磷	125.96	无	气		5527	−93.8	−84.6	//					
$PrF_3·2H_2O$	氟化镨·2水	233.93	绿	六		6140	1370	2327	—					
PtF_2	二氟化铂	233.09	电解KHF_2和HF的混合物时生成											

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
PtF_4	四氟化铂	271.23	棕		～		//		+ //					
PtF_6	六氟化铂	309.08	暗红	晶			61.3	69.2	×					
PuF_3	三氟化钚	299.07	紫黑	六		9320	1410		—	×				
PuF_6	六氟化钚	356.06	红棕				51	62.3	×		+S			+4价Ce盐和Zr盐
RbF	氟化铷	104.48	白	立	1.396	3557	795	1410	300^{18}		+HF		—	—乙醚、液氨
ReF_6	六氟化铼	300.20	亮黄	立、斜		$3616^{18.8}$	18.8	33.7	×		+N		×	×乙醚、丙酮
RhF_3	三氟化铑	159.91	红	晶		5380	↑>600		—		—	—		
RuF_5	五氟化钌	196.70	深绿	晶		2963	101	250						
$SbCl_3F_2$	二氟三氯化锑	266.13	白	晶			55							
SbF_3	三氟化锑	178.75	白	三、团	～	4379^{20}	292	319	表9.1.6		+HF	—液氨	+甲、乙	+二噁烷、苯
SbF_5	五氟化锑	216.74	无	油液		2990^{23}	7	149.5	+					+KF
SbOF	氟化氧亚锑	156.75	白	团										
ScF_3	氟化钪	101.95	白	粉、晶		2500	1242		÷		++			++过量氟化物溶液
SeF_4	四氟化硒	154.95	无	液	发烟	2750	−9.5	107.7	//				+	+乙醚
$SeOF_2$	二氟氧化硒	132.96	无	液		2670	4.6	124	//				+	$+CCl_4$
Si_2F_6	六氟化二硅	170.12	白	粉			18.5^{104}		//					
SmF_2	氟化亚钐	188.35	黄	晶			1306	2427						
SmF_3	氟化钐	207.35	白	粉			1306	2323	—					
$SmF_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	氟化钐·$\frac{1}{2}$水	216.39		胶					—	—	—			
SnF_4	氟化锡	194.68	白	晶	～	4780^{19}	↑705	加热→$SnOF_2$	++	×				
$SnOF_2$	氟化氧锡	172.69	白	非粉					—					
SrF_2	氟化锶	125.62	白	立	1.438	2440	1473	2490	0.011	0.012^{20}	÷N;//S*;+Cl*	+HF	÷÷	÷÷乙醚、丙酮
SnF_2	氟化亚锡	156.70	白	单		4570	212	853	+++					×HF
TaF_5	五氟化钽	275.94	无	单	～	4980	96	229.2	×		+Cl′,N′,S*		÷	⑤
TbF_3	氟化铽	215.92	无	晶			1172	2277	—		—稀			
ThF_4	氟化钍	308.03	白	粉	有毒	6320	1110	1703	÷		÷S′			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$ThF_4 \cdot 4H_2O$	氟化钍·4水	380.18	白	粉			$-H_2O$ 100	$-2H_2O$ 150	÷	−				−HF
TiF_3	三氟化钛	104.90	紫红						+	//				
TiF_4	四氟化钛	123.89	白		～	2800[20]	427	↑285.5	+		+S	−乙醚	+	+吡啶、丙酮
TlF	氟化亚铊	223.37	无			8360	322	840	表9.1.6				÷	++无水HF;$-NH_3$
TlF_3	三氟化铊	261.39	橄榄绿						−		$-Cl_*$			
TmF_3	氟化铥	225.93	黄白	晶			1158	2277	−	−	+稀			
UF_3	三氟化铀	295.02	红紫	六		8960	1495	约2300	÷		×Cl,N,S′*			
UF_4	四氟化铀	314.02	绿	单、粉		约6800	1003	1418	0.01[25]		×浓	×浓		
UF_5	五氟化铀	333.02	无	四	～	5810		// >400	×					
UF_6	六氟化铀	352.02	淡黄	单	～	5060	64.5	↑56.6	++ //				×	⑥
VF_3	三氟化钒	107.95	绿	正		3369[19]	>800		÷	÷			−	$-CS_2$、氯仿
$VF_3 \cdot 3H_2O$	三氟化钒·3水	162.00	深绿	正	有磁性	3360	$-3H_2O$ 130		+	++ //			−纯	
VF_4	四氟化钒	126.94	淡黄褐	六	～	2970	// 325		×				÷	÷氯仿;+丙酮
VF_5	五氟化钒	145.93	白	斜		2177[19]	200	111.2	+				+	⑦
UO_2F_2	氟化铀酰	308.03	浅黄	晶					++					
WF_5	五氟化钨	278.84	黄	晶										
WF_6	六氟化钨	297.84	亮黄	液		3440	2.5	17.3	×			×		+苯
WOF_4	四氟化氧钨	275.92	无	片	～		110	187	//					
XeF_2	二氟化氙	169.30	无	四		4320	140					×		
XeF_4	四氟化氙	207.29	无	单		4040	114		×					
XeF_6	六氟化氙	245.29	无	晶		3650[25]	49.5	76	×					
YbF_3	氟化镱	230.04	无	六或斜		8168(斜)	1157	2200	−		−稀			
YF_3	氟化钇	145.9	白	胶		4010	1152	2230	−		÷稀			
$YF_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	氟化钇·$\frac{1}{2}$水	154.93	白	胶			//		−		÷			
ZnF_2	氟化锌	103.38	无	针		4800[15]	872	1505	1.6[20]	+	+热	$+NH_4OH$	−	−液氨;
$ZnF_2.2CeF_4 \cdot 7H_2O$	氟化高铈锌	585.72	黄	晶					//		÷FH			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$ZnF_2 \cdot 4H_2O$	氟化锌·4水	175.44	白	斜		2535^{12}	$-4H_2O$ 100		2.8^{20}	+	+	+	−	$+NH_4OH$
ZrF_4	氟化锆	167.21	无	单		4430	910	↑906	1.5^{25}	1.39^{50}	+HF			+碱金属氟化物

① 1360℃时，其干燥盐熔解而不分解。

② 溶于冷而浓的盐酸、硫酸、硝酸和氢氟酸溶液，在热硫酸中分解而放出氟化氢。

③ 溶于CCl_4、乙醚、氯仿。

④ 微溶于盐酸、硝酸；与硫酸或溶硝酸起反应。

⑤ 微溶于乙酸；溶于CS_2、CCl_4和氯仿。

⑥ 不溶于CS_2；微溶于氯仿；易溶于$C_2H_2Cl_4$；与乙醚、苯起反应。

⑦ 不溶于CS_2；溶于氯仿、丙酮；与甲苯、乙醚起反应。

表 9.1.2 氟化物危险品的特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
二氟化铅	7783-46-2	61513	1.33(904℃)	不	※	※		※	K	6.1	R20/22;R33;R50/53;R61;R62	S45;S53;S60;S61
二氟化铵	1341-49-7			助	※	※		※	P,R,G,T			
三氟化铬	7788-97-8	83002		不	※	※		※	K	8.3		
三氟化锑	7783-56-4	61513		不	※	※		※	K,Sw	6.1	R23/24/25;R51/53	S26;S45;S61;S7
五氟化锑	7783-70-2	81061	1.33(25℃)	助	※	※		※	T,JS	8.1	R20/22;R51/53	S61
六氟化钨	7783-82-6	23025		不	※	※		※	P,R,G,T	2.3		
六氟化铀	7783-81-5	71007		助	※	※		※	R,T	7		
四氟化铀	10049-14-6			助	※	※		※	R,T			
氟化钍	13709-59-6			不	※	※		※	K			
氟化钙	7789-75-5			不	※	※		※	K		R36/37/38	S26;S37/39
氟化钠	7681-49-4	61513	0.13(1077℃)	不	※	※	—	※	K	6.1	R25;R32;R36/38	S22;S36;S45
氟化钾	7789-23-3	61513	—	不	※	※	—	※	G,T	6.1	R23/24/25	S26;S45
氟化铝	7784-18-1	61513	0.13(1238℃)	不	※	※	—	※	K	6.1	R36/37/38	S26;S37/39
氟化铯	13400-13-0	61513		不	※	※		※	K	6.1	R23/24/25;R34	S26;S36/37/39;S45
氟化铷	13446-74-7	61513	0.13(920℃)	不	※	※		※	K	6.1	R20/21/22;R36/37/38	S26;S36/37/39
氟化锌	7783-49-5	61513	0.13(970℃)	不	※	※	—	※	K	6.1	R36/37/38	S26;S37/39

9.1.2 密度、黏度和表面张力

表 9.1.3 氟化物溶液的密度 单位：g/cm^3

分子式	温度/℃	浓度(质量分数)/%									
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AgF	18	1.009	1.019	1.040	1.061	1.084	1.107	1.132	1.157	1.184	1.211
H_2SiF_6	17.5	1.008	1.016	1.032	1.049	1.066	1.083	1.101	1.119	1.137	1.156
KF	18	1.007	1.016	1.033	1.051	1.069	1.088	1.106	1.125	1.145	1.165
NaF	18	1.009	1.020	1.041	1.052^{5}						
NH_4F	18	1.003	1.008	1.018	1.027	1.035	1.042	1.049	1.055		
分子式	温度/℃	浓度(质量分数)/%									
		20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
AgF	18	1.239	1.270	1.300	1.330	1.365	1.400	1.480	1.580	1.700	1.850
H_2SiF_6	17.5	1.175	1.194	1.214	1.232	1.253	1.274				
KF	18	1.185	1.205	1.226	1.247						

注：氟化钠的黏度：1.85^{1015} mPa·s、1.41^{1100} mPa·s、1.14^{1200} mPa·s（右上角的数字为温度，℃）。

表 9.1.4 氟化钠的黏度

温度/℃	1015	1050	1100	1150	1200
黏度/mPa·s	1.85	1.65	1.41	1.25	1.14

表 9.1.5 氟化物的表面张力 单位：mN/m

（1）

分子式	温度/℃							
	−8	0	20	40	60	80	100	120
SeF_4	39.1	38.3	36.1	33.8	31.3	28.7	26.0	
S_2F_2		45.4	42.2	39.3	36.5	34.0	31.6	29.5
UF_6					17.7^{65}			

（2）

名称	温度/℃											
	720	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1200	1300	1400
CsF-空气	104	102	98		90		81					
KF-空气					138^{913}		131		123	115	106	
LiF-空气					231		221		211	201		
LiF-氮气				250^{868}		243		232		212	196	
NaF-空气							185	181	178			
NaF-氮气							201		190	179	169	159
RbF-空气			125	121	117	113	109					

9.1.3 溶 解 度

表 9.1.6 氟化物在水中的溶解度 单位：%(无水物，质量分数)

分子式	名称	温度/℃										注
		0	10	20	25	30	40	50	60	80	100	
AgF	氟化银	85.8	120	172	180	190		216				
$AgF\cdot 2H_2O$	氟化银·2水		120	172		190		222				
AlF_2	氟化铝	0.13	0.28		0.50			0.69		0.95	1.67	参见表 9.1.7
$BaSiF_6$	六氟化硅钡			0.021		0.027	0.030	0.033			0.090	
CsF	氟化铯	529			573			599				
$CsF\cdot 1.5H_2O$	氟化铯·1.5水			367^{18}					160			

续表

分子式	名称	温度/℃										注
		0	10	20	25	30	40	50	60	80	100	
$KBeF_3$	三氟化铍钾			2.0							5.2	
KF	氟化钾	44.7	53.5	94.9		108			142		150^{90}	参见表9.1.10
$KF\cdot 2H_2O$	氟化钾·2水			94.9		108						
$KF\cdot 4H_2O$	氟化钾·4水	44.7	53.5									
KHF_2	氟化氢钾	24.5	30.1	39.2			56.4		78.8	114		
$KSiF_6$	六氟化硅钾			0.12			0.25			0.46	0.95	
LiF	氟化锂	0.12		0.27^{18}		0.135^{35}						
MnF_2	二氟化锰			1.06			0.66				0.48	
$NaBeF_3$	三氟化铍钠			1.4							2.80	
NaF	氟化钠	3.53	3.85	4.17		4.20	4.40	4.55	4.68	4.89	5.08	参见表9.1.16
$NaSiF_6$	六氟化硅钠	0.43		0.73			1.03			1.86	2.46	
NH_4F	氟化铵	71.9	74.1	82.6		88.3			111	118	//	
$(NH_4)_2SiF_6$	六氟化硅铵			18.6							55.5	
P_6F_3	氟化铅		60	64		68	Mg					
SbF_3	氟化亚锑	385		445	492	564						
TlF	氟化亚铊	185			245			285				

表9.1.7　氟化铝在水中的溶解度　　单位：g无水物/100g饱和溶液

化合物 固相	温度/℃						
	0	10	20	25	30	75	100
$AlF_3\cdot 3H_2O$	0.25	0.28	—	0.50	—	0.88	1.64
$AlF_3\cdot 9H_2O$	0.97	2.81	—	5.10	—	—	—
$AlF_3\cdot 3.5H_2O(\alpha)$	0.56	0.56	—	0.71	—	1.27	1.72
$AlF_3\cdot 3.5H_2O(\beta)$	2.62	2.31	—	2.70	—	7.11	—
$AlF_3\cdot 2.5H_2O$	0.128	—	0.499	—	0.61	1.32^{66}	2.41^{102}
$AlF_3\cdot H_2O$	—	—	—	0.55	—	—	—

表9.1.8　氟化铝在氢氟酸溶液中的溶解度

温度/℃	溶解度/(g/100g饱和溶液) HF	溶解度/(g/100g饱和溶液) AlF_3	固相
20	0.53	0.81	$AlF_3\cdot 2.5H_2O$
	0.67	0.85	
	1.48	0.92	
	1.56	0.93	
	3.10	1.19	
	5.00	2.50	
	9.60	2.60	
	14.40	3.20	
	36.30	4.40	
	34.07	13.63	1∶3∶6
	36.13	13.44	
25	0.0	0.55	$AlF_3\cdot H_2O$
	0.77	0.39	
	2.00	1.56	
	4.96	2.74	
	10.44	5.37	
	17.77	9.58	
	21.08	16.63	
	22.94	19.00	
	26.30	19.68	1∶3∶6
	27.64	19.68	
	28.90	14.84	
	30.66	12.52	
	31.07	13.42	
25	31.09	13.21	1∶3∶6
	37.08	14.18	
	37.81	17.07	
	39.01	16.08	1∶3∶3
	41.00	14.03	
	42.45	12.96	
	46.88	10.43	
	51.80	7.15	
	54.03	6.18	
	57.57	5.04	
	60.83	4.00	
	62.73	3.53	
40	1.0	1.25	$AlF_3\cdot 2.5H_2O$
	2.9	2.07	
	4.8	3.0	
	7.4	3.8	
	14.3	4.25	
	36	4.9	
60	1.0	1.30	$AlF_3\cdot 2.5H_2O$
	2.9	2.2	
	5.1	3.2	
	7.6	3.9	
	14.9	4.4	
	36	5.0	

注：表中1∶3∶6＝$AlF_3\cdot 3HF\cdot 6H_2O$；1∶3∶3＝$AlF_3\cdot 3HF\cdot 3H_2O$。

表 9.1.9 氟化铝钠在某些盐溶液中的溶解度（25℃） 单位：mol/1000mol 水

（1）在 Al（NO_3）$_3$ 中

$2Al(NO_3)_3$	0.0	0.49	0.96	3.05	5.09	10.03	12.12	14.37	19.76
$AlNa_3F_6$	0.034	0.65	1.11	2.91	4.37	7.72	9.01	10.62	14.36

（2）在 $AlCl_3$ 中

$2AlCl_2$	0.50	1.02	3.23	5.12	7.22	9.25	12.03	15.27	20.28
$AlNa_3F_6$	0.66	1.14	2.94	4.12	5.39	6.57	7.92	9.53	11.41

（3）在 Al_2（SO_4）$_3$ 中

$Al_2(SO_4)_3$	0.40	0.74	1.56	3.33	5.08	7.59	10.50	13.72	17.04
$AlNa_3F_6$	0.56	0.87	1.59	2.84	4.02	5.54	7.13	8.63	10.60

（4）在 Fe（NO_3）$_2$ 中

$2Fe(NO_3)_3$	0.99	3.09	4.90	6.98	9.80	14.90	19.82	24.88
$AlNa_3F_6$	0.81	1.87	2.50	3.17	3.93	5.03	6.02	6.86

（5）在 $FeCl_3$ 中

$2FeCl_3$	1.00	2.94	4.90	7.44	10.19	14.94	19.70	25.28
$AlNa_3F_6$	0.73	1.55	1.88	2.20	2.27	2.23	2.05	1.88

（6）在 $Fe_2(SO_4)_3$ 中

$Fe_2(SO_4)_2$	1.02	3.04	5.13	7.04	9.95	14.82	19.16	24.55
$AlNa_3F_6$	0.58	1.13	1.57	1.81	2.23	2.88	3.22	3.70

表 9.1.10 氟化钾在有机溶剂中的溶解度

（1） 单位：g/100g 饱和溶液

溶剂	温度/℃			
	20	30	40	50
乙醇	1.04×10^{-2}	9.5×10^{-2}	6.8×10^{-2}	2.4×10^{-2}
甲醇	0.19	0.17	0.15	0.13

（2） 单位：%(质量分数)

溶剂	温度/℃		
	18	20	37
丙酮	2.2×10^{-3}		2×10^{-3}
丙醇		0.34	

表 9.1.11 氟化钾在 HF 中的溶解度

温度/℃	摩尔分数/%	温度/℃	摩尔分数/%	温度/℃	摩尔分数/%	温度/℃	摩尔分数/%
0	380①	120	37.7	200	46.4	280	52.0
70	32.3	140	39.1	220	48.5	300	52.5
80	34.9	160	41.3	240	50.4	320	52.8
90	35.8	180	43.7	260	51.5	340	53.3
100	36.4						

① 单位为 g/L。

注：KF 在 SO_2 中的溶解度：0℃、0.018%（质量分数）。

表 9.1.12　氟化氢钾和盐酸的互溶度

温度/℃	饱和溶液/%		固相	温度/℃	饱和溶液/%		固相	温度/℃	饱和溶液/%		固相
	KHF_2	KCl			KHF_2	KCl			KHF_2	KCl	
25	—	26.36	KCl	25	23.88	7.41	KHF_2	75	33.06	16.65	KCl
	3.96	23.94			26.20	4.24			36.33	15.37	
	8.00	21.97			29.75	—			40.61	14.15	KCl+KHF_2
	12.46	19.93		75	—	33.20	KCl		41.36	12.95	KHF_2
	17.36	17.64			4.41	30.22			44.50	7.51	
	111.14	17.28	KCl+KHF_2		9.78	27.26			46.21	5.27	
	19.27	15.54	KHF_2		19.22	22.62			46.68	3.96	
	21.48	11.42			26.77	19.27			47.66	3.48	

表 9.1.13　氟化钠在有机溶剂中的溶解度　　单位：g/100g 饱和溶液

有机溶剂	温　度/℃			
	20	30	40	50
甲醇	0.412	0.440	0.459	0.475
乙醇	0.094	0.109	0.120	0.159
丁醇	3.9×10^{-3}	0.0041(g/L)	0.0043(g/L)	0.0049(g/L)
丙酮	2.4×10^{-6}(18℃)			

表 9.1.14　氟化钠在 NH_3 及 SO_2 中的溶解度

溶剂 W%	温　度/℃	
	0	25
NH_3		0.35
SO_2	0.029	

表 9.1.15　NaF-HF 的溶解度

浓度(质量分数)/%		温度/℃
NaF	HF	
111.1	81.9	−24.3
20.1	79.9	−9.8
23.1	76.9	11.0

表 9.1.16　氟化钠在 H_2O_2 中的溶解度

NaF(摩尔分数)/%	3.8	7.4	8.0	9.8	11.1	12.3
温度/℃	−5.2	−9.1	−10.6	−12.1	−13.9	−15.2

附：NaF-H_2O_2溶液的冰点

温度/℃	1molNaF/100mol ($NaF+H_2O_2$)	固　相	温度/℃	1molNaF/100mol ($NaF+H_2O_2$)	固　相
−5.2	3.8	H_2O_2	−12.1	9.8	H_2O_2
−9.1	7.4	H_2O_2	−13.9	11.1	H_2O_2
−10.6	8.0	H_2O_2	−15.2	12.3	H_2O_2+NaF

表 9.1.17　氟化钠在 NaOH 中的溶解度

NaOH/%	溶解度/(g NaF/100g 饱和溶液)				
	0℃	20℃	40℃	80℃	94℃
0.0	3.99	4.10	4.47	4.48	4.73
0.81	3.49	3.40	3.51	3.56	3.47
1.67	—	2.89	—	—	—
2.30	2.65	2.70	2.81	2.82	3.03
2.70	2.37	2.45	2.70	2.84	2.73
5.66	—	1.68	—	—	—
7.90	—	1.25	—	—	—
18.40	—	0.38	—	—	—

表 9.1.18 氟氢化铵在水中的溶解度

温度/℃	溶解度/(gNH_4HF/100g饱和溶液)	固 相	温度/℃	溶解度/(gNH_4HF/100g饱和溶液)	固 相
−3.4	5.0	冰	40	50.05	NH_4HF_2
−6.5	10.0		60	61.00	
−9.4	15.0		80	74.53	
−12.6	20.0		100	85.55	
−14.8	23.6	冰+NH_4HF_2	99.5	86.0	
0	28.45	NH_4HF_2	104.6	89.0	
10	31.96		110.5	92.0	
20	37.56		114.0	94.0	
25	43.73		126.1	100.0	

表 9.1.19 氟化镁在水中的溶解度

温度/℃	18	25	27
S/(mg/100mL溶液)	7.6	13.0	8.4

表 9.1.21 氟化镁在 HCl 溶液中的溶解度

浓度/(mol/L)	0.005	0.05	0.50
S/(mol/L)	0.0036	0.0086	0.0428

表 9.1.20 氟化镁和 HF 的互溶度

浓度(质量分数)/%		温度/℃
MgF_2	HF	
0.033	99.967	−23.0
0.025	99.975	−3.3
0.025	99.975	12.2

9.1.4 临界常数和偏心因子

表 9.1.22 氟化物的临界常数和偏心因子

名 称	分子式	t_c /℃	p_c /kPa	ρ_c /(kg/m³)	V_c /(cm³/mol)	Z_c	ω
三氟化氮	NF_3	−39	4528				0.132
四氟化碳	CF_4	−45.6	3738		140	0.277	0.191
四氟化硅	SiF_4	−14	3717				
四氟化硫	SF_4	91					
六氟化硫	SF_6	45.5	3758	734	198	0.281	0.286

9.1.5 蒸 气 压

表 9.1.23 氟化物的蒸气压(Ⅰ)

分子式	名称	相应于下述蒸气压(Pa)的温度/℃									
		100	200	400	700	1000	2000	4000	7000	10000	20000
BaF_2	氟化钡	1413	1465	1525	1572	1607	1680	1712	1765	1805	1960
BeF_2	氟化铍	760	790	822	849	865	901	941	972	990	1040
BrF_3	三氟化溴					23	37	50	60	68	80
CaF	氟化钙	1603	1655	1713	1770	1812	1900				
GeF_4	四氟化锗	−112	−105	−97	−92	−88	−81	−73	−68	−64	−57
IF_5	五氟化碘	−16	−12	−6	−1	4	14	27	39	45	61
LiF	氟化锂	1025	1070	1120	1160	1187	1242	1305	1360	1395	1470
NaF	氟化钠	1052	1104	1145	1186	1215	1268	1340	1390	1425	1496
NaF_5	五氟化铌	64	72	82	92	98	113	130	144	154	175
PF_3	三氟化磷					−153	−146	−140	−135	−131	−124
PF_5	五氟化磷					−125	−120	−115	−111	−109	−103
RbF	氟化铷	810	848	890	925	952	1010	1058	1110	1144	1208
ReF_6	六氟化铼					−25	−17	−9	−3	1	10
SeF_4	四氟化硒	−17	−8	0	8	13	24	35	45	52	67
SF_6	六氟化硫	−143	−138	−130	−125	−122	−114	−106	−100	−95	−87
SrF_2	氟化锶	1575	1630	1695	1755	1790	1870	1960	2040	2090	2195
TaF_5	五氟化钽	79	82	88	94	99	111	127	141	152	176
TiF_4	四氟化钛					167	183	191	212	221	236
TlF	一氟化铊	394	415	435	452	465	488	513	534	549	578
UF_3	三氟化铀					1630	1700	1780	1850	1900	2000
UF_4	四氟化铀					1074	1112	1155	1193	1220	1277
UF_6	六氟化铀	−33	−27	−20	−14	−10	−2	7	15	20	30
ZnF_2	氟化锌	905	945	987	1023	1050	1100	1155	1205	1240	1305
ZrF_4	氟化锆	642	662	683	702	724	740	765	788	802	830

表 9.1.24　氟化物的蒸气压（Ⅱ）

分子式	名　称	相应于下述蒸气压(kPa)的温度/℃													熔点/℃
		0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	
AsF_3	三氟化砷							−2.1	1.5	7.6	20.1	34.8	47.5	56.3	−5.9
AlF_3	三氟化铝	1228	1253	1278	1300	1314	1339	1366	1391	1408	1441	1479	1513	1537	1040
BF_3	三氟化硼	−155.4	−152.8	−148.9	−145.2	−143.2	−138.9	−133.8	−129.2	−126.1	−119.8	−112.0	−105.3	−100.7	−126.8
ClF_3	三氟化氯				−79.9	−75.6	−66.7	−56.5	−47.0	−40.5	−27.5	−12.0	1.9	11.5	−83
SiF_4	四氟化硅	−144.8	−142.2	−138.3	−134.6	−132.4	−128.3	−123.5	−119.1	−116.2	−110.7	−103.9	−98.4	−94.8	−90
CF_4	四氟化碳	−185.7	−182.5	−178.0	−173.9	−171.5	−166.9	−161.7	−157.0	−153.8	−147.5	−139.4	−132.4	−127.7	−183.7
NbF_5	五氟化铌						95.6	113.2	128.9	139.4	161.4	186.8	209.2	225.0	75.5
AsF_5	五氟化砷	−118.9	−115.9	−111.7	−107.8	−105.3	−100.6	−95.3	−90.3	−87.2	−80.2	−69.3	−59.5	−52.8	−79.8
BrF_5	五氟化溴	−71.8	−65.2	−57.4	−50.5	−45.9	−36.6	−26.2	−16.8	−10.3	2.9	18.6	31.7	40.4	−61.4
WF_6	六氟化钨	−73.3	−68.1	−61.8	−56.1	−52.4	−45.2	−37.1	−29.8	−24.9	−15.3	−3.9	7.8	17.3	−0.5
UF_6	六氟化铀	−41.0	−35.1	−27.9	−21.5	−17.4	−9.3	−0.2	7.9	13.3	24.1	36.9	48.0	55.7	69.2
MoF_6	六氟化钼	−67.6	−61.8	−54.8	−48.5	−44.0	−35.9	−26.8	−18.6	−13.1	−1.9	11.3	25.0	36.0	17
SeF_6	六氟化硒	−120.2	−115.7	−110.1	−104.9	−101.7	−95.5	−88.5	−82.0	−77.8	−69.6	−59.7	−51.4	−45.8	−34.7
TeF_6	六氟化碲	−112.7	−108.6	−103.4	−98.5	−95.3	−89.2	−82.2	−75.8	−71.7	−62.7	−52.5	−44.3	−38.6	−37.8
SF_6	六氟化硫	−134.1	−130.1	−125.0	−120.3	−117.3	−111.5	−105.0	−98.8	−94.7	−86.9	−77.1	−68.9	−63.5	−50.2
IF_7	七氟化碘	−89.1	−83.4	−76.5	−70.3	−66.4	−58.5	−49.7	−41.8	−36.6	−26.3	−13.9	−3.3	4.0	5.5
KF	氟化钾	869	910	954	991	1017	1072	1129	1180	1215	1289	1373	1448	1502	880
NaF	氟化钠	1060	1103	1150	1190	1217	1275	1335	1389	1425	1497	1580	1652	1704	992
PbF_2	氟化铅				864	885	930	979	1025	1055	1115	1186	1248	1293	855
ZnF_2	氟化锌	957	990	1027	1057	1072	1111	1154	1196	1227	1296	1379	1449	1497	872
LiF	氟化锂	1030	1073	1120	1160	1187	1245	1305	1359	1395	1469	1553	1627	1681	870
RbF	氟化铷	912	935	961	984	1001	1037	1076	1114	1142	1208	1286	1356	1408	760
CsF	氟化铯	699	733	770	801	824	872	923	969	999	1062	1136	1202	1251	683
CdF_2	氟化镉	1093	1141	1192	1235	1262	1319	1375	1424	1457	1528	1612	1691	1751	520
Si_2F_6	三氟化硅	−82.4	−78.4	−73.3	−68.5	−65.7	−60.0	−53.9	−48.5	−45.0	−38.3	−30.1	−23.4	−18.9	−18.6

分子式	名　称	相应于下述蒸气压强(kPa)的温度/℃												临界值	
		70	101.3	200	400	700	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	t_c/℃	p_c/mPa
BF_3	三氟化硼	−105.3	−100.7	−89.4	−76.9	−65.6	−58.0	−47.7	−40.3	−33.5	−27.9	−23.3	−19.4	−12.3	4.98
SiF_4	四氟化硅	−98.4	−94.8	−84.4	−72.2	−60.8	−52.9	−41.1	−33.8					14.1	3.72

9.1.6 比 热 容

表 9.1.25 氟化物的比热容

（1） 单位：J/(kg·K)

名 称	温度/K									
	15	20	30	50	70	100	150	200	250	300
氟化钠①				135.1	299.8	543.5	821.3	972.0	1060	1116
氟化钙②				84.13	193.6	367.4	593.4	728.0	813.0	911.9
氟化锂	0.928	2.817	11.76	73.69	213.5	494.1	951.6	1261	1470	162.1
二氟化钡	6.822	13.95	39.4	102.9	170.0	251.9	334.8	375.5	397.4	405.5
名 称	温度/K									
	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
氟化钙	924.5	939.1	955.0	972.0	989.8	1008	1026	1045	1064	1083
氟化锂	1722	1798	1859	1910	1953	1991	2027	2061	2096	2130
名 称	温度/K									
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
氟化钙	1121	1160	1198	1237	1276	1315	1335	1319	1280	1280
氟化锂	2208	2298	2408	2503						

① 试件经过700℃直接加热。

② 试件为大型自然萤石结晶体，含51.27%钙。

（2） 单位：J/(mol·K)

温度/K	60	80	100	150	200	250	298.2
氟化铝比热容	9.58	17.20	24.64	42.76	56.74	67.40	75.10

温度/K	400	500	600	800	900	1000
氟化铝比热容	84.56	91.34	97.11	97.61	98.1	100.1
相别	α-AlF_3			β-AlF_3		

9.1.7 热 导 率

表 9.1.26 氟化物的热导率

（1） 单位：W/(m·K)

名 称	温度/K										
	2	4	6	8	10	15	20	30	40	60	80
氟化钠①	131.3	942.3	1753	2635	3241	3239	2431	1264	565.5	228.8	152.0
氟化钠②	48.57	219.6	412.4	566.1	695.6	860.1	779.6	635.1	420.4	290.0	129.9[75]
氟化钙③	40.24	114.4	180.1	262.2	335.6	538.0	694.9	676.8	379.8	128.6	59.66
名 称	温度/K										
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
氟化钙	52.49	30.10	27.14	24.78	22.84	21.15	19.72	18.48	17.40	16.41	15.52
名 称	温度/K										
	200	210	220	240	260	280	300	320	340	360	380
氟化钙	14.70	13.95	13.23	12.09	10.95	10.11	9.46	8.95	8.50	11.17	7.96
二氟化钡④			21.81	15.97	13.19	11.89	11.09	10.45	10.52	10.86	9.839

① 试件为未变形晶体，位错密度为3×10^5位错/cm^2；

② 试件为单晶体，尺寸为6.7mm×7.3mm×40mm。切成后，在1100K下焖火3h，然后以每分钟1K的速率冷却至此500K，其后更缓慢地冷至室温。

③ 2～90K试件是从单晶毛坯上切下来的矩形棒，边缘位移垂直于纵轴。100～380K试件为单晶体。

④ 试件为晶体，半径为1cm，厚度为0.5cm，以Z轴为准。

（2）　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　单位：W/(m·K)

浓度/%	0	5	10	15	20	25	30
20℃氟化钾水溶液	0.825	0.819	0.811	0.801	0.788	0.772	0.751

9.1.8　熔融热和汽化热

表 9.1.27　氟化物的熔融热和汽化热　　　　单位：kJ/mol

分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热
AgF	16.75	179.2	F(CO)$_5$	1361	37.7	O_3F_2		19.2	$SiClF_3$		18.7
AlF	20.94	159.1	FeF_3		254.6[①]	OsF_6		28.6	$SiCl_2F_2$		21.3
AlF_3		322.4[①]	GeF_2		113.0[①]	PbF_2	7.79	160.5	SiF_4		25.7[①]
$AlNa_3F_6$	68.58		HF	4.58	7.5	$PBrF_2$		22.8	Si_2F_6	16.33	43.5
AsF_3	52.21	29.7	HfF_4		263.8[①]	PBr_2F		30.7	SOF_2		21.7
AsF_5	11.72	20.8	HgF_2	(23.03)	(92.1)	PF_3		14.6	SOF_4		21.4
BF_3	2.01	19.3	IF_5	16.08		PF_5		17.2	SOF_6		21.8
B_2F_4		28.0	IF_7		31.2[①]	POF_3	15.07	232.3	SO_2F_2		20.0
BaF_2	12.56	293.1	KF	28.26	172.8	PsF_3		19.6	SO_3BrF		36.3
BeF_2	(25.12)	(167.5)	LiF	(9.88)	213.4	PuF_3	(54.43)	375.1[①]	SO_3F_2		22.4
BiF_3	(25.96)	(117.2)	MgF_2	58.20	272.2	PuF_4	(42.70)	299.8[①]	S_2O_5ClF		33.9
BiF_5		62.4	MnF_2		318.6[①]	PuF_5	(18.66)	(48.6)[①]	$S_2O_5F_2$		31.8
BrF		25.1	MnF_3		284.7[①]	RbF	17.29	165.4	TaF_5		54.4
BrF_3	12.04	42.9	MnO_3F		33.9	ReF_5		511.1	TcO_3F	22.51	39.6
BrF_5	5.67	30.6	MoF_4	4.27	50.6	ReF_6	4.64	28.8	TeF_4		34.3
CF_4	0.70	12.6	MoF_5		51.8	ReF_7	7.54	38.3	TeF_6		28.0[①]
CaF_2	28.39	347.5	MoF_6	3.85	29.0	$ReOF_4$	13.52	61.1	Te_2F_{10}		39.5
CdF_2	22.61	217.7	NF_3		11.6	$ReOF_5$	37.43[①]	32.3	TiF_4		95.8[①]
CeF_3	(37.68)	(259.6)	N_2F_2	15.37	91.7	ReO_2F_3		65.7	UF_4	23.86	240.8
CeF_4	(41.70)		N_2F_4	13.27	66.6	SF_4		26.5	UF_6		47.8[①]
ClF_3	7.62	27.6	NHF_2		24.9	SF_6	23.45[①]	17.1	VF_5	50.00	44.5
ClF_5		22.9	NOF		19.3	S_2F_{10}		25.8	WF_6[②]	1.76	26.5
CoF_2	44.88	326.6[①]	NO_2F		18.0	SbF_3		45.6[②]	WOF_4	9.46	59.6
CrF_2		363.4[①]	$N_3P_3F_6$	22.19	31.8	SeF_4		46.9	XeF_2		51.5[①]
CrF_3		251.2	NaF	32.57	223.0	SeF_6		27.6[①]	XeF_4		64.1[①]
CrF_4	(23.03)	58.6	NbF_5		54.0	SeO_2F		28.3	XeF_6		64.1[①]
CrO_2F_2	23.45	34.3	NiF_2		332.4[①]	$SiBrF_3$		18.4	ZnF_2	(29.31)	184.2
CsF	10.26	143.7	OF_2		11.1	$SiBr_2F_2$		24.8	ZrF_2	60.71	
CuF_2		263.8[①]	O_2F_2		19.2	$SiBr_3F$		32.8	ZrF_4	64.27	170.6

① 升华热。

② 立方体。

9.1.9　其 他 物 性

表 9.1.28　氟化物的三相点

项　　目	物　料　名							
	三氟化硼	四氟化碳	氟化钙	氟化氢	氟化钠	三氟化氮	四氟化硅	氟化硫
三相点温度/K	144.79	89.56	1691	189.79	1269	66.46	186.35	223.15
三相点压力/Pa	8340	109	5.762	336.8	61.81	0.185	220726	232670

表 9.1.29 氟化物的临界值

项目	物料名及分子式						
	三氟化硼 BF_3	四氟化碳 CF_4	氟化氢 HF	氟化钠 NaF	三氟化氮 NF_3	四氟化硅 SiF_4	氟化硫 SF_6
临界温度/K	260.9	227.5	461.15	5530	234	259	318.69
临界压力/kPa	4990	3740	6480	53196	4460	3720	3760
临界体积/(L/mol)	0.12361	0.14	0.069	0.185	0.11875	0.202	0.19852
临界压缩因子	0.284	0.277	0.117	0.214	0.272	0.349	0.282

表 9.1.30 氟化物的偏心因子

物料名	三氟化硼	四氟化碳	氟化氢	氟化钠	三氟化氮	四氟化硅	氟化硫
偏心因子	0.4337	0.1791	0.3823	−1.115	0.1200	0.3858	0.2151

表 9.1.31 氟化物的焓和熵

项目	物料名							
	三氟化硼	四氟化碳	氟化钙	氟化氢	氟化钠	三氟化氮	四氟化硅	氟化硫
25℃时理想气体标准生成焓/(kJ/mol)	−1135.6	−933.15	−781.6	−273.3	−290.45	−132.09	−161.49	−1220.5
25℃时标准燃烧焓/(kJ/kmol)	—	539640	—	152400	—	—	705500	924000
25℃时物质的绝对熵/[kJ/(K·kmol)]	254.3	261.3	274.3	173.7	217.5	260.6	282.6	291.6

9.1.10 质量指标

表 9.1.32 工业无水氟化氢的质量指标（GB 7746—2011）

项目		指标			
		Ⅰ类	Ⅱ类		
			优等品	一等品	合格品
氟化氢(HF)(质量分数)/%	≥	99.98	99.95	99.92	99.8
水分(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	0.04	0.06
氟硅酸(质量分数)/%	≤	0.005	0.008	0.015	0.050
二氧化硫(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.010	0.030
不挥发酸(以 H_2SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	0.010	0.050
外观		在低温或一定压力下是无色透明液体，发烟，有强烈刺激气味			

用途：Ⅰ类用于生产电子级氢氟酸的原料，Ⅱ类主要用于制取氟化物、氟卤烷烃和试剂氢氟酸及其他含氟产品。

表 9.1.33 工业无水氟化钾的质量指标（HG/T 2829—2008）

项目			指标		
			优等品	一等品	合格品
氟化氢(HF)(质量分数)/%		≥	99.0	98.5	98.0
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%		≤	0.3	0.5	0.7
水分(质量分数)/%		≤	0.2	0.4	0.5
游离酸或游离碱	(以 HF 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.1	0.1
	(以 KOH 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.1	0.2
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%		≤	0.1	0.2	0.3
氟硅酸盐(以 SiO_2 计)(质量分数)/%		≤	0.05	0.2	0.3
外观			白色粉末	白色粉末	白色粉末

用途：在有机化合物和药品生产中作氟化剂，农业上用于生产氟乙酸钠和氟乙酰胺杀虫剂，也是制取氟化氢钾的原料，还可用于玻璃雕刻、食物防腐及食盐添加剂以及电子行业。

表 9.1.34 试剂用二水合氟化钾的质量指标（GB/T 1271—1994） 单位：%(质量分数)

项目	指标 分析纯	化学纯	项目	指标 分析纯	化学纯
$KF \cdot 2H_2O$ ≥	99.0	98.0	硫酸盐(SO_4) ≤	0.01	0.02
澄清度试验(HG 3-1168)	3号	5号	氟硅酸盐(以 SiF_6 计) ≤	0.05	0.1
游离酸(以 HF 计) ≤	0.05	0.1	铁(Fe) ≤	0.0005	0.001
游离碱(以 KOH 计) ≤	0.05	0.1	重金属(以 Pb 计) ≤	0.001	0.005
氯化物(以 Cl 计) ≤	0.002	0.005			

用途：分析试剂，对钽等元素进行微量分析。也用作络合剂、掩蔽剂、细菌抑制剂等。

表 9.1.35 氟化钠的质量指标（YS/T 517—2009） 单位：%(质量分数)

等级	指标 NaF ≥	SiO_2 ≤	碳酸盐(CO_3^{2-}) ≤	硫酸盐(SO_4^{2-}) ≤	酸度(HF) ≤	水不溶物 ≤	H_2O ≤
一级	98	0.5	0.37	0.3	0.1	0.7	0.5
二级	95	1.0	0.74	0.5	0.1	3	1.0
三级	84	—	1.49	2.0	0.1	10	1.5

用途：可作木材防腐剂、酿造业杀菌剂、农业杀虫剂（需染上蓝色）、医用防腐剂、焊接助熔剂、饮水的氟处理剂等。

表 9.1.36 试剂氟化钠的质量指标（GB/T 1264—1997）

项目	指标 优级纯	分析纯	化学纯
含量(NaF)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	98.0
澄清度试验(HG 3-1168)	2号	4号	6号
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	0.1
干燥失重(质量分数)/% ≤	0.3	—	—
酸度(以 H^+ 计)/(mmol/100g) ≤	2.5	5.0	10.0
碱度(以 OH^- 计)/(mmol/100g) ≤	1.0	2.0	4.0
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	0.01
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	0.05
氟硅酸盐(以 SiF_6 计)(质量分数)/% ≤	0.1	0.6	1.2
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	0.005
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003	0.005

表 9.1.37 氟化铝的质量指标（GB 4292—1999）

等级	化学成分/% ≥ F	Al	杂质/% ≤ Na	SiO_2	Fe_2O_3	SO_4^{2-}	P_2O_5	H_2O(550℃,1h)
特一级	61	30.0	0.5	0.28	0.10	0.5	0.04	0.5
特二级	60	30.0	0.5	0.30	0.13	0.8	0.04	1.0
一级	58	28.2	3.0	0.30	0.13	1.1	0.04	6.0
二级	57	28.0	3.5	0.35	0.15	1.2	0.04	7.0
外观	无色单斜晶体(有杂质时呈灰白、淡红、淡黄或黑色)							

用途：是电解铝的原料，乙醇生产时的发酵抑制剂等。

表 9.1.38 工业氟化镍的质量指标（HG/T 3734—2004）

项目		指标		项目		指标	
		一等品	合格品			一等品	合格品
镍钴合量(以 Ni 计)(质量分数)/%	≥	34.0	32.0	铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01
钴(以 Co 计)(质量分数)/%	≤	0.80	0.80	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.03	0.05	pH 值(5g/L 溶液)		5.0～6.0	5.0～6.0
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.0	0.20	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.30	0.50
锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	外观		浅绿色结晶	

用途：主要用于镍铬合金电镀，制造其他镍盐和含镍催化剂。也用于制造蓄电池，陶瓷彩釉着色。

表 9.1.39 氟化钡试剂的质量指标 单位：%(质量分数)

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
氟化钡(质量分数)/%	≥	99.0	98.0	氯化物(Cl)	≤	0.005	0.01
重金属(以 Pb 计)	≤	0.03	0.05	盐酸溶解试验		合格	合格
氮化合物(以 N 计)	≤	0.005	0.02	硅(Si)	≤	0.01	0.04
硫酸溶解物(H_2SO_4中)	≤	0.20	0.60	铁(Fe)	≤	0.003	0.005
灼烧失重	≤	2.0	2.0				

用途：实验室分析用。

表 9.1.40 工业用氟化钡的质量指标 单位：%(质量分数)

项目		指标		
		一级品	二级品	三级品
氟化钡(BaF_2)	≥	99.99	99.9	98
硫(S)	≤	0.001	0.005	0.1
磷(P)	≤	0.001	0.005	0.1
铅(Pb)	≤	0.001	0.005	0.1
汞(Hg)	≤	0.001	0.005	0.1
酸(以 HF 计)	≤	—	—	0.2

用途：用于制造电机电刷、光学玻璃、光导纤维、激光发生器、助熔剂、涂料和珐琅以及木材防腐剂和杀虫剂等。

表 9.1.41 试剂用氟化铵的质量指标（GB/T 1276—1999）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量(NH_4F)(质量分数)/%	≥	96.0	96.0	95.0
澄清度试验(HG/T 3484)		2 号	4 号	6 号
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	0.05
游离酸(以 NH_4HF_2计)(质量分数)/%	≤	0.2	0.5	1.0
游离碱		合格	合格	合格
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.005	0.01
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
氟硅酸盐(SiF_6)(质量分数)/%	≤	0.08	0.30	0.60
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002	0.004
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
外观		白色结晶或粉末	白色结晶或粉末	白色结晶或粉末

表 9.1.42　工业氟化氢铵的质量指标（HG/T 3586—1999）

项目		指标 优等品	一等品	项目		指标 优等品	一等品
氟化氢铵(NH_4HF_2)(以干基计)	≥	97.0	95.0	硫酸盐(以 SO_4 计)	≤	0.1	0.1
干燥减量	≤	3.0	5.0	氟硅酸铵[$(NH_4)_2SiF_6$]	≤	2.0	4.0
灼烧残渣	≤	0.2	0.2	外观		无色透明晶体	

用途：玻璃陶瓷的刻蚀剂、消毒和防腐剂等。

表 9.1.43　试剂用氟化氢铵的质量指标（GB/T 1278—1994）　　单位：%(质量分数)

项目		指标 分析纯	化学纯	项目		指标 分析纯	化学纯
NH_4HF_2	≥	98.0	97.0	氟硅酸盐(以 SiF_6 计)	≤	0.2	0.5
灼烧残渣(以硫酸盐计)		0.01	0.05	铁(Fe)	≤	0.001	0.005
氯化物(以 Cl 计)	≤	0.001	0.005	重金属(以 Pb 计)	≤	0.002	0.005
硫酸盐(以 SO_4 计)	≤	0.005	0.01				

表 9.1.44　氟化锂的质量指标（GB/T 22666—2008）

牌号	化学成分(质量分数)/%						
	LiF ≥	Mg ≤	SiO_2 ≤	Fe_2O_3 ≤	SO_4^{2-} ≤	Ca ≤	水分 ≤
LF-1	99.0	0.05	0.10	0.05	0.20	0.10	0.10
LF-2	98.0	0.08	0.20	0.08	0.40	0.15	0.20
LF-2	97.5	0.10	0.30	0.10	0.50	0.20	0.30

注：LiF 主含量以氟折合计算。

用途：大量用于铝、镁合金的焊剂和钎剂中，也用于电解铝工业、陶瓷工业。与其他氟化物、氯化物和硼酸盐一起作金属焊接的助熔剂。高温蓄电池中作电解质组分。在光学材料中用作紫外线的透明窗（透过率 77%～88%）。

表 9.1.45　氟化铝的质量指标（GB/T 4292—2007）

牌号	化学成分(质量分数)/%								松装密度/(g/cm^3)
	F	Al	Na	SiO_2	Fe_2O_3	SO_4^{2-}	P_2O_5	烧碱量	
	≥		≤						≥
AF-0	61	31.5	0.30	0.10	0.06	0.10	0.03	0.5	1.5
AF-1	60	31.0	0.40	0.30	0.10	0.6	0.04	1.0	1.3
AF-2	58	29.0	2.8	0.30	0.12	1.0	0.04	5.5	0.7
AF-3	58	29.0	2.8	0.35	0.12	1.0	0.04	5.5	0.7

用途：主要用于炼铝生产，乙醇生产中用作起副发酵作用的抑制剂。也用作陶瓷釉和搪瓷釉的助熔剂及釉药的组分、冶炼非铁金属的熔剂。

表 9.1.46 氟化镁的质量指标（YS/T 691—2009）

牌号	化学成分(质量分数)/%						
	F ≥	Mg ≥	Ca ≤	SiO_2 ≤	Fe_2O_3 ≤	SO_4^{2-} ≤	H_2O ≤
MF-1	60	38	0.3	0.20	0.3	0.6	0.2
MF-2	45	28	—	0.9	1.1	1.3	1.0

用途：用于制造陶瓷、玻璃；冶金中镁金属的助熔剂；光学仪器中镜头和滤光器的涂层；阴极射线屏的荧光材料；焊剂等。

表 9.1.47 氟化镨钕的质量指标（GB/T 23590—2009）

产品牌号	化学成分(质量分数)/%													水分(质量分数)/% ≤
	REO ≥	F ≥	Nd_2O_3/REO	Pr_6O_{11}/REO	稀土杂质含量 ≤				非稀土杂质含量 ≤					
					La_2O_3	CeO_2	Sm_2O_3	Y_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	Al_2O_3	Cl^-	
042080	82	27	80±2	20±2	0.1	0.1	0.05	0.05	0.2	0.07	0.05	0.1	0.05	0.8
042075	82	27	75±2	25±2	0.1	0.1	0.05	0.05	0.2	0.07	0.05	0.1	0.05	
042070	82	27	70±2	30±2	0.1	0.1	0.05	0.05	0.2	0.07	0.05	0.1	0.05	

表 9.1.48 六氟化硫的质量指标（GB 12022—2006）

项目		指标	项目	指标
六氟化硫(SF_6)(质量分数)/% ≥		99.9	可水解氟化物(以 HF 计)(质量分数)/% ≤	0.00010
空气(质量分数)/% ≤		0.04		
四氟化碳(CF_4)(质量分数)/% ≤		0.04	矿物油(质量分数)/% ≤	0.0004
水分	(质量分数)/% ≤	0.0005	毒性	生物试验无毒
	露点/℃	−49.7	外观	无色、无臭、无味、无毒的非燃气体
酸度(以 HF 计)(质量分数)/% ≤		0.00002		

用途：作电气绝缘介质和灭弧剂。

表 9.1.49 氟化镧（XB/T 223—2009）

产品牌号	REO ≥	La_2O_2/REO ≥	F ≥	稀土杂质≤ (Co+Pr+Nd+Sm+Y)$_xO_y$/REO
012030				0.1
012025	80	99.5	24	0.5
012020	80	99.0	24	1.0

产品牌号	非稀土杂质 ≤					
	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Cl^-
012030	0.1	0.05	0.2	0.05	0.1	0.03
012025	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.03
012020	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.05

注：氟化镧为白色粉末，无可见的夹杂物。

9.2 氟 酸 盐

9.2.1 物 性 总 览

表 9.2.1 氟酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Al_2(SiF_6)_3$	氟硅酸铝	480.19	白	粉					—	++				
BaF_6Si	氟硅酸钡	279.41	白	斜		4290	300//		÷	÷		—		÷氯化铵溶液
$BeF_2 \cdot 2KF$	氟铍酸钾	163.2	白	正					220	5.26			—	
$CaSiF_6$	氟硅酸钙	182.16	无	晶		2660^{18}			÷		+Cl、FH	—		
$CaSiF_6 . 2H_2O$	氟硅酸钙·2水	218.19	无	四		2250			÷		+Cl、FH	—		
$Cd(BF_4)_2 \cdot 6H_2O$	氟硼酸镉·6水	384.03	无	晶	≈ 不自燃	2292	//70		++				++	
$CoSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸钴·6水	309.1	桃红	晶		2113^{19}			+					
$CsBF_4$	氟硼酸铯	219.71		斜			320		+					+稀氨水
Cs_2GeF_6	氟锗酸铯	452.39		规则八面体		4100			÷	++	÷			
Cs_2SiF_6	氟硅酸铯	407.89	白	立		3372^{17}			+	—				
$Cu(BF_4)_2 \cdot 6H_2O$	氟硼酸铜·6水	345.24	亮蓝	针	≈	2175			+++		÷乙醚		÷	与水及氨→络合物
K_3AlF_6	氟铝酸钾	258.67	白	粉	毒				÷					
KBF_4	氟硼酸钾	125.91	白	粉	毒 味苦		350 //	//	÷				—	÷热乙醇
KPF_6	氟磷酸钾	184.07	无				575		9.3					
K_2PtF_6	氟铂酸钾	387.42	浅黄	晶					÷	÷				
$KSbF_6$	六氟锑酸钾	273.78	白	晶粉		3.379			+					+乙腈、丙酮、乙醇等极性溶剂
K_2SiF_6	氟硅酸钾	220.25	无	六	毒 1.399	3080	//		表9.2.3		+Cl		—	—NH_3
K_2NiF_6	六氟合镍酸钾	250.90	鲜红			3030								
KPF_6	六氟磷酸钾	184.07	白	四		2550	575	//	8.35^{25}					
K_2SiF_6	氟硅酸钾	220.25	无	立、六		(六)2665^{17}(立)3080		÷	+Cl		÷÷			
$K_2SnF_6 \cdot H_2O$	氟锡酸钾·1水	328.9	白	单		3053			6.718					
KSO_3F	氟磺酸钾	138.16					311.1		+					
$K_2SnF_6 \cdot H_2O$	氟锡酸钾·1水	328.9		单斜		3053		+						
K_2TaF_7	氟钽酸钾	392.14	无	针	毒	4560	775		÷		÷FH			
$K_2(TiF_6)$	氟钛酸钾	240.09	表	晶	毒	780			+	÷			—氨	
$K_2TiF_6 \cdot H_2O$	六氟合钛酸钾·1水	258.11	无	单斜			780		÷	÷				
K_2ZrF_6	氟锆酸钾	283.41	白	晶		3480			÷	+				—氨

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Li_2SiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸锂·2水	191.99	白	单		2330			++				+	一乙醚和丙酮
$MgSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸镁·6水	274.47	白	三	易风化	1790							+	—
$MgSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸镁·6水	274.48	无	针	1.350	1788	100 //		+	+		+	—	+乙醚
Na_3AlF_6	氟铝酸钠	209.94	白	晶	毒		1000		÷		—Cl	//		+铝盐或铁盐溶液
$NaBF_4$	氟硼酸钠	109.79	白	粉	毒	2470[20]	384//		++		++		÷	
$NaSbF_4$	氟锑酸钠	258.73		斜		3375[18]	1360		+				+	++丙酮
Na_2SiF_6	氟硅酸钠	188.06	白	粉	毒 1.309	2679	//		÷		÷		//	
Na_3AlF_6	氟铝酸钠	209.94	白	粉	1.338	2950	1009				÷			
$(NH_4)_3AlF_6$	氟铝酸铵	195.09	白	立		1780			++					
$(NH_4)_2BeF_4$	氟铍酸铵	121.08	无	晶										
NH_4BF_4	氟硼酸铵	104.84	白	单、斜		1871[15]			+				—	+氨水
$(NH_4)_3GaF_6$	六氟合镓酸铵	237.83	白	八					+			—	—	—醇
$(NH_4)_3InF_6$	六氟合铟酸铵	282.93	无	八										
NH_4PF_6	六氟磷酸铵	163.00	无	正或长晶		2180			++	++			+	+甲醇、丙酮
$(NH_4)_2SbF_5$	五氟合锑酸铵	252.84	无	斜					++					
$(NH_4)_2SiF_6$	氟硅酸铵	178.18	白	晶粉	无气味	(α)2001(β)2152			++				+	—丙酮
$(NH_4)_2TiF_6$	六氟合钛酸铵	197.97	无	六棱					+	+			—	
$(NH_4)_2ZrF_6$	氟锆酸铵	241.29	白	晶		1154			—					
$NiSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸镍·6水	308.88	绿	三	1.400	2134	//		+				+	÷HF
$[Ni(H_2O_6)][GaF_5 \cdot H_2O]$	氟镓酸镍	349.53	浅绿	晶		2450			÷			+FH		
$Pb(BF_4)_2$	氟硼酸铅	380.80	无		水溶液透明 无臭	1710-40								
$RbBF_4$	氟硼酸铷	172.27		八		2820[20]	590		+					
Rb_2SiF_6	氟硅酸铷	313.02	无	八、六		3338.3			÷	+	+		—	
$Zn(BF_4)_2 \cdot 6H_2O$	氟硼酸锌·6水	347.17	白	粉	有毒				+					
$ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸锌·6水	315.54	白	六	有毒	2140			++		+			

表 9.2.2　氟酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
氟硅酸钡	17125-80-3	61514		不	※	※		※	S,P,R,G,T	6.1	R20/22	S28
氟硅酸钠	16893-85-9	61514		不	※	※		※	S,P,R,G,T	6.1	R23/24/25	S26;S45
氟硅酸钙	16925-39-6	61514		不	※	※		※	W,P,R,G,T	6.1		

9.2.2　溶解度和质量指标

表 9.2.3　氟酸盐在水中的溶解度

溶液名称	温度/℃										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
氟硼酸钾/(g/100g 水)			0.44								6.27
氟硅酸铵/(g/100g 溶液)	10.94	14.10	17.05	20.15	23.3	26.15	28.75	31.3	33.6	35.7	37.9
氟硅酸镁/%	20.85		23.53		25.86	28.54	30.74				
氟硅酸钾/(g/L)	0.77	1.11	1.48	2.12	2.60	2.92	3.52	4.20	5.60	4.80	
氟硅酸钠/(g/L)	4.35	5.61	7.37	8.6	10.2	12.2	14.3	16.4	18.8	21.3	24.5
氟硅酸锌/(g/100g 溶液)	33.73	34.80	35.16	36.10	37.04	37.76	38.49	39.72	40.95		
氟铝酸钠/(g/100g 溶液)	0.35	0.39	0.42	0.41	0.40	0.40	0.53	0.85	1.03	1.20	1.35

表 9.2.4　氟钛酸钾的质量指标（GB/T 22668—2008）

牌　号	化学成分(质量分数)/%						
	K_2TiF_4	Si	Fe	Cl	Ca	Pb	H_2O
	⩾	⩽					
PFT-1	99	0.05	0.02	0.05	0.05	0.01	0.10
PFT-2	97	0.30	0.10	0.10	0.10	0.05	0.30

用途：用于聚丙烯合成的催化剂，制铝钛硼合金。

第 10 章　氯化物和氯酸盐

目　　录

10.1 氯 化 物

表 10.1.1 氯化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgCl	氯化银	143.32	白	立	2.071	5560	455	1550	表 10.1.31		−N;+Cl′	+NH_4OH		①
$AlCl_3$	氯化铝	133.34	无	三或单斜	晶 ～	2440	190^{520}	↑183	表 10.1.31				$100^{12.5}$	②
$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	六水氯化铝	241.43	无	斜		2398	100//		+			+	÷	+
$AlCl_3 \cdot NaCl$	氯化铝钠	191.80	黄白	粉			185		+					
$AlCl_3 \cdot 6NH_3$	六氨合氯化铝	235.52	无	晶	～	1412	//		+					
$AlCl_3 \cdot NH_4Cl$	氯化铝铵	186.84	白	晶			304		+					
$AsCl_3$	三氯化砷	181.28	无	油	有毒	2163	−18	130	//	//	//Cl; +Cl′		+	③
AsOCl	氯化氧亚砷	126.37	棕	固	半透明吸氧				+	//				
AuCl	氯化亚金	232.42	黄	晶		7400	170→ $AuCl_3$		//		+Cl	÷HBr	//	×乙醚、丙酮
$AuCl_3$	三氯化金	303.33	红	单	～	3900	//420	↑265	68	+++		÷液氨	+	−CS_2;+乙醚
$AuCl_3 \cdot 2H_2O$	三氯化金・2水	339.36	橙	晶			//		++		+Cl		+	÷液氨;+乙醚
$BaCl_2$	氯化钡(α)	208.24	无	单	剧毒 1.736	3856^{24}	→β 925	1560	表 10.1.31		÷Cl,N		÷÷	
$BaCl_2$	氯化钡(β)	208.24	无	立		3920	962	1560	36	++			÷÷	
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化钡・2水	244.28	无	单	剧毒 1.646	3097^{24}	−$2H_2O$ 100		表 10.1.31		÷Cl,N		÷	
$BeCl_2$	氯化铍	79.92	白至微黄	棱	≈	1900	399～440	482.3	++ 发热				+	④
$BiCl_2$	二氯化铋	279.89	黑	针		4860	163	//300	//					
$BiCl_3$	三氯化铋	315.34	无至微黄	立	≈	4754	233	↑447	//	//	+Cl,N		+甲、乙	+乙醚、丙酮
B_2Cl_4	四氯化二硼	163.43	无	液			−93.0							
Bi_2Cl_2	二氯化二铋	488.87	黑	团	≈			//300	//		//	//NH_4Cl		
BrCl	氯化溴	115.36	橘红	液或气		5062	−66	10//	+	//				+CS_2、乙醚
$CaCl_2$	氯化钙(天然)	110.99	白	立	～ 1.520	2152	772	>1600	表 10.1.31				++	÷丙酮;+乙酸
$CaCl_2 \cdot H_2O$	氯化钙・1水	129.00	无	晶	≈		260	260	76.8	249			+	−丙酮
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化钙・2水	147.02	白	晶	味苦涩 ～	1835	− H_2O 260	723	97.70	405			10^{15}, 50^{80}	−醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化钙·6水	219.08	无	三	≈ 1.417	1680	29.9	$-6H_2O$ 200	表10.1.31				+	
$CeCl_3$	三氯化铈	246.47	白至淡黄	晶	≈				+				+	
CCl_4	四氯化碳	153.82	无	液	1.460	1587	−22.9	76.7	0.0005				+	+乙醚、氯仿
C_2Cl_4	四氯化二碳	165.83	无	液	1.506	1631	−22.4	120.8					+	+乙醚
C_2Cl_6	六氯化二碳	236.74	无			2091	↑187						+	+乙醚、氯仿
$CdCl_2$	氯化镉	183.32	无	立	剧毒 ~	4047^{25}	568	960	表10.1.31		−Cl′	甲醇1.7^{16}	1.52^{15}	−乙醚、丙酮
$CdCl_2 \cdot 2\frac{1}{2}H_2O$	氯化镉·2$\frac{1}{2}$水	228.36	无	单	毒 1.651	3327	∟34	↑	表10.1.31		−Cl	−醚	÷	+甲醇2.05^{15}
$CeCl_3$	三氯化铈	246.48	无	六	~	3920^{0}	840	1730	100 //		+		30	+丙酮
$CeCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化铈·6水	354.57	无	晶		3920	848	1727	+					
$CeCl_3 \cdot 7H_2O$	三氯化铈·7水	372.61	无至黄	斜	≈	3880		$-7H_2O$ 230	++				++	
$CoCl_2$	氯化钴	129.84	蓝	六	~	8356	724↑	1049	表10.1.31				31	
$CoCl_2$	氯化钴	133.86	浅蓝	粉	有毒	3356			+				+	+丙酮、硝基苯
$CoCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化钴·2水	165.87	红紫	单 三	1.625	2477^{25}			++	++				÷乙醚
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化钴·6水	237.93	粉红	单	热、光→蓝色	1925^{25}	86	$-6H_2O$ 110	表10.1.31			+甘油	+ 甲、乙	++乙醚、丙酮
$CoCl_2 \cdot NH_4Cl \cdot 6H_2O$	氯化钴铵·6水	291.45	红		~	1924			+	++				
$CoCl_3$	三氯化钴	165.29	红黄	晶		2940	↑		+					
$Co(NH_3)_3Cl_3 \cdot H_2O$	三氯化三氨钴·1水	234.40							+		+		+	
$Co(NH_3)_4Cl_3 \cdot H_2O$	三氯化四氨钴·1水	251.43	绿	正		1847			++		+		−	
$Co(NH_3)_5Cl_3$	三氯化五氨钴	250.45		正		1819			0.232	1.03^{48}			−	
$Co(NH_3)_5Cl_3 \cdot H_2O$	三氯化五氨钴·1水	268.46	砖红				// 100		16.1	24.9^{16}	÷Cl			
$Co(NH_3)_6Cl_3$	三氯化六氨钴	267.48	橙	单		1702			4.26	12.7^{46}		$-NH_4OH$	−	$+CCl_4$、氯仿、乙醚
$CrCl_2$	氯化亚铬	122.90	白	针	~	2750	824	1330	++				÷	−乙醚
$CrCl_3$	氯化铬	158.36	淡红	三		2757^{15}	↑950	1200~1500//	−	÷÷	−	$+NH_3$		$-CS_2$,丙酮,乙醚
$CrCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化铬·6水	266.46	深绿	六、片		2760	↑83		++ //				+	−乙醚;÷丙酮
$CrCl_3 \cdot 10H_2O$	氯化铬·10水	338.52	绿	晶粉	~				++				++	+其6℃结晶水
$CrCl_4$	四氯化铬	193.81	棕		不稳定	(气)7.92g/L	//600							
$Cr(H_2O) \cdot 4Cl_2$	氯化二氯四水合铬	266.45	绿	晶	~									÷丙酮

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
CrO_2Cl_2	二氯二氧化铬	154.92	暗红	液		1920	−96.5	117.6	//				++	+乙醚，−丙酮
$Cr_5(OH)_6Cl_9 \cdot 12H_2O$	碱式氯化铬·12水	897.28	灰绿	晶或无、粉		1700			+				+	+丙酮
$CsCl$	氯化铯	168.36	无	立	~ 1.642	3988[20]	645	1290	表10.1.31				+	÷丙酮
$CsCl \cdot HgCl_2$	三氯化二汞铯	439.89		立、正					1.44[17]					
$CsCl_2$	二氯硫化碳	114.98	黄红	液		1509[15]		73.5					−纯	
$CsCl_4$	四氯硫化碳	185.91	金黄	液		1712[13]		146		//				
$CsNbCl_4$	六氯合铌酸铯	438.54	亮黄	晶					++					
$CuCl_2$	氯化铜	134.46	棕黄	粉	~	3390	498	→Cu_2Cl_2	表10.1.31		+S*	+丙酮	50[20]	+乙醚，吡啶，液氨；甲醇
$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化铜·2水	170.49	绿蓝	斜	毒 1.684	2390[22]	$-2H_2O$ 110	// 993	表10.1.31			$+NH_4Cl$	±	+乙醚，NH_4Cl，丙酮
$CuCl_2 \cdot 2CuO \cdot 4H_2O$	氯氧化铜·4水	365.62	蓝绿				$-3H_2O$ 140		−	//	+	$+NH_4OH$		
$CuCl_2 \cdot Cu(OH)_2$	碱式氯化铜	232.00	黄绿	六		3780	$-H_2O$ 250	//						
$Cu(NH_2)_2Cl_2$	氯化二氨合铜	168.51	绿	晶		2320[24/4]	260-270		−	−				+氨水
$CuCl_2 \cdot 2KCl \cdot 2H_2O$	氯化铜钾·2水	319.58	蓝绿	晶					+	+				
$CuCl_2 \cdot 2NH_4Cl \cdot 2H_2O$	氯化铜铵·2水	277.48	蓝	四	1.670	1980	// 110		33.8	99.3[80]	+		+	+氨水
$CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2 \cdot H_2O$	碱式氯化铜·1水	445.15	浅绿	粉					−	−			−	−乙醚、苯
$Cu(ClO_3) \cdot 3Cu(OH)_2$	碱式氯酸铜	523.11	绿	晶或无、粉		3550								
Cu_2Cl_2	氯化亚铜	198.00	白	四	毒 1.973	3530	422	1366	0.0062	1.5[25]	−T，×Cl	$\times NH_4OH$	−	−乙醚，丙酮；+氨水
$DyCl_3$	氯化镝	268.83	黄	片	≈	3670	680	1500	+					
$ErCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化铒·6水	381.67	粉红	晶	~		774	1500	+	+			+	
$Zn(NH_3)_2Cl_2$	氯化二氨合锌	170.34	无	斜		2100	210.8							
$FeCl_2$	氯化亚铁	126.76	绿黄	六	1.567	2700	672	1012	表10.1.31			÷吡啶	100	−乙醚；+丙酮
$FeCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化亚铁·2水	162.78	绿	单		2358								
$FeCl_2 \cdot 4H_2O$	氯化亚铁·4水	198.82	绿蓝	单	~	1920			表10.1.31			÷丙酮	++	+其热结晶水
$FeCl_2 \cdot 2FeCl_3 \cdot 18H_2O$	氯化亚正铁·18水	775.46	黄		~		// 50		+					
$FeCl_3$	氯化铁	162.21	黑棕	晶	≈	2898	306	// 315	表10.1.31		+Cl		++	⑤
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化铁·6水	270.30	橙黄或棕黄	晶	≈	1820	37	280~285	表10.1.31			++乙醚	++	++甘油、丙酮

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$FeCl_3$	液态氯化铁	162.21	红棕	液		1420								
$FePtCl_6 \cdot 6H_2O$	六氯合铂酸铁	571.75	黄	六		2714			++					
$GaCl_2$	二氯化镓	140.61	白	晶	～		164	535	//	//				
$GaCl_3$	三氯化镓	176.08	白	针	≈	2470^{25}	77.9	201.3	+++	+++		++苯、四氯化碳、二硫化碳等有机溶剂		
$GdCl_3$	氯化钆	263.60	白	单		4520^{0}	628		+	+				
$GdCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化钆·6水	371.64			～	2424^{0}			+	+				
$GeCl_2$	二氯化锗	143.50	白	粉			//		//				−	−氯仿；$+GeCl_4$
$GeCl_4$	四氯化锗	214.40	无	液	1.464	1870	−49.5	83.1	//	//	−S*；+Cl	+乙醚	+	$+CS_2$、CCl_4
$GeOCl_2$	二氯氧化锗	159.50	无	液			−56.0	//	−		+			
$HCl \cdot H_2O$	氯化氢·1水	54.48	无	液		1480	−15.4		++					
20.24%$HCl+H_2O$	盐酸恒沸物		无	液		1097		110	++					
$HCl \cdot 2H_2O$	氯化氢·2水	72.49	无	液		1460^{18}	−17.7	//	++					
$HCl \cdot 3H_2O$	氯化氢·3水	90.51	无	液			−24.9	//	++					
H_4Cl_2S	一氯化硫	107.00	黄红	液	恶臭 1.658	1688	−80	138	//→$S+SO_2+HCl$					+醚、苯、CS_2
$HfCl_4$	四氯化铪	320.30	白	立	刺激 ～		432^{3380}	↑315	×					+丙酮和甲醇
$HgCl$	氯化亚汞	236.04	白	四	无味 1.973	7150	302	384；↑>400	表10.1.31		÷Cl′；+N*	+氯化碱	−	⑥
$HgCl_2$	氯化汞	271.50	白	斜、粉	1.859	5440	277	304↑330	表10.1.31		+Cl′*	+ N、S	33(99%)	⑦
$HgCl_2 \cdot 3HgO$	氯氧化汞	921.27	黄	六		7930	// 260		−	//	+Cl			
$HgICl$	氯碘化汞	362.90	红	正			153	315	−	÷	+Cl		+	
$Hg(NH_3)_2Cl_2$	氯化二氨汞	305.58		晶			300		−	//	+			+KI
$HoCl_3$	氯化钬	271.26	浅黄	晶			718	1500	+	+Cl				
$ICl(\alpha)$	一氯化碘	162.36	黑	针	稳定	3180	27.2	98 //	×	×	+Cl	+乙醚	+	$+CS_2$、CCl_4
$ICl(\beta)$	一氯化碘	162.36	黑	片	不稳定	3240	13.9	97.4			+冰乙酸	+乙醚	+	$+CS_2$、CCl_4
ICl_3	三氯化碘	233.26	黄红棕	斜	刺激 ≈	3120^{15}	33	64 //	+ //		+苯	+乙醚	+	$+CS_2$、CCl_4
$InCl$	一氯化铟	150.27	黄红	立	～	4190^{25}	225	590	//	//	+			
$InCl_2$	二氯化铟	185.67	无	晶	～	3655^{25}	235	560	//	//				
$InCl_3$	三氯化铟	221.18	无	单	～	3450	$583^{1.2}$	↑500	表10.1.31				÷	÷乙醚
$IrCl$	一氯化铱	227.67	铜红	晶、粉			773-98℃稳定		−		−	// 浓		
$IrCl_4$	四氯化铱	334.02	深红		～		//		+	//	+Cl		+	
$Ir(CO)_2Cl_2$	二氯化二羰铱	319.14	无	针			140//		//		// Cl			//KOH

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm^3)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$IrCl_2$	二氯化铱	263.13	暗绿	晶				// 773	＋		－	－		
$IrCl_3$	三氯化铱	298.58	暗绿	晶		5300		// 765	－		－	－		
KCl	氯化钾	74.56	无	立	1.490	1984	770	1500↑	表10.1.31		＋	＋	÷甲、乙	⑧
$KCl \cdot ICl$	二氯一碘化钾	236.93		单				//215	//					
$KCl_2 \cdot ICl_2$	四氯一碘化钾	307.82	黄	晶		1760^{45}	//		//					//乙醚
K_2IrCl_6	六氯合铱酸钾	483.12	暗红	立		3549			÷	＋＋				
K_3MoCl_6	六氯合钼酸钾	425.95	浅红	晶										
$K_3OsCl_6 \cdot 3H_2O$	六氯合锇酸钾·3水	574.27	暗红	晶					＋＋		＋			－醚
K_2OsCl_6	六氯合锇酸钾	481.12	红至黑	晶					＋		＋稀Cl		－	－醇
K_2PtCl_4	四氯合铂酸钾	415.11	红棕	晶		3380			÷				－	
K_2PtCl_6	六氯合铂酸钾	486.01	橙黄	晶或粉		3499			÷	＋			－	
K_2PbCl_6	六氯合铅酸钾	498.11	亮黄	晶										＋热盐酸
$K_3RhCl_6 \cdot H_2O$	六氯合铑酸钾·1水	411.84	紫红	晶										
K_2RuCl_6	六氯合钌酸钾	391.99	黑	立									－	
$LaCl_3$	氯化镧	245.27	无	晶	≈				＋				＋	
$LaCl_3 \cdot 7H_2O$	氯化镧·7水	371.40	白	三	～		// 91		＋＋				＋＋	
$LiCl$	氯化锂	42.39	白	立	≈ 1.662	206825	614	1325～1360	表10.1.31		÷液氨	＋吡啶	＋甲、乙	＋乙醚、丙酮
$LiCl \cdot H_2O$	氯化锂·1水	60.41	白	晶	盐味 ≈	1780	>98°C $-H_2O$	1360	＋			＋吡啶	＋	⑨
$MgCl_2$	氯化镁	95.21	无	六	≈ 1.675	2325^{25}	707	1412	表10.1.31				7.4^{30}	÷丙酮;＋吡啶
$MgCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化镁·2水	131.24	白	味苦	≈	1480								
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化镁·6水	203.26	白	单	～ 1.507	1560	118 //	//	表10.1.31				＋甲、乙	
$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	氯化钾镁·6水	277.86		正	～ 1.475	1600^{19}	265		64.5^{19} //	//			//	
$MgCl_2 \cdot NaCl \cdot H_2O$	氯化钠镁·1水	171.67	无						＋	＋				
$MgCl_2 \cdot NH_4Cl \cdot 6H_2O$	氯化镁铵·6水	256.80	白	正	≈	1456	$-2H_2O$ 100	$-4H_2O$ 195	16.7	＋			//	
$MnCl_2$	氯化锰	125.85	玫瑰红	三	～	2977^{25}	650	1190	表10.1.31				＋	－乙醚、液氨
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	氯化锰·4水	197.91	玫瑰红	单	～ 1.575	2010	58	$-4H_2O$ 200	表10.1.31			－乙醚	＋	＋其58℃结晶水
$MnCl_3$	三氯化锰	161.30	棕	晶			// －40						＋纯	
$MnCl_4$	四氯化锰	196.75	绿						＋	＋			＋	＋乙醚
$MoCl_2$	二氯化钼	166.85	黄	非		3714^{25}	// 530		－	－	＋Cl,T	＋	＋	＋乙醚、NH_4OH

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$MoCl_3$	三氯化钼	202.30	暗红	单、粉		3578[25]	// >500		−	//	+N,T′	×	÷÷	÷÷乙醚
$MoCl_4$	四氯化钼	237.75	红棕	六	～		↑	// >130	+	//	+N,T,Cl′	×	+	÷乙醚
$MoCl_5$	五氯化钼	273.21	黑紫	单	～	2928[25]	194	268	+//	//	+浓	−乙醚	×	−无水酒精
$MoCl_6$	六氯化钼	308.66	黑	晶										
$MoOCl_3$	三氯一氧化钼	218.32	深绿	晶			↑<100		//					
$MoOCl_4$	四氯一氧化钼	253.78	绿		～	↑		+	//					
MoO_2Cl_2	二氯二氧化钼	198.86	苍黄			3310[17]	↑		+				+	+乙醚
$Mo_2O_3Cl_4$	四氯三氧化钼	381.69	褐	晶										
MoO_3Cl_5	五氯三氧化钼	417.19	深棕	正	～		↑		+	+				$+NH_4OH$
NaCl	氯化钠	58.44	无	立	1.544	2165[20]	801	1465	表10.1.31		−Cl′		÷甲、乙	⑩
Na_2PtCl_6	六氯合铂酸钠	453.79	橘黄	粉					++				+	
$Na_2IrCl_6 \cdot 6H_2O$	六氯合铱酸钠·6水	558.99	暗红	固					++				+	+醇
$Na_2IrCl_6 \cdot 12H_2O$	六氯合铱酸钠·12水	690.07	深绿	晶					++					
Na_2OsCl_6	六氯合锇酸钠	448.90	橙	斜棱					+				+	
$Na_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$	六氯合铂钠·6水	561.82	橘红	三斜		2500			++				++	
$Na_3RhCl_6 \cdot 2H_2O$	六氯合铑酸钠·2水	420.60	粉红	晶										
$NbCl_5$	五氯化铌	270.18	亮黄	单	～	2750	205	254	×		+Cl′S′		+	⑪
$NbOCl_3$	三氯氧化铌	215.28	白	针			↑400	//		−Cl,+S		+		
NCl_3	三氯化氮	120.38	黄	油		1653	<40	<71	−	//		$+PCl_3$		$+CS_2$、氯仿
$NdCl_3$	氯化钕	250.64	紫	棱		4134[25]	784		96.7[10]	104.5[50]			+	−乙醚 氯仿
$NdCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化钕·6水	358.74	红	正		2282[16]	124	$-6H_2O$ 160	+++	+++			+	
NH_2HgCl	氯化氨基汞	252.07	白	晶或无粉	有毒	5700			0.14	//	+		−	
NH_4Cl	氯化铵	53.49	白	立	腐蚀 1.642	1526[17]	// 350	↑338	表10.1.31		+甘油	+液氨	0.16[19]	−乙醚、丙酮
N_2H_5Cl	氯化肼	68.51	白	针			92.6	// 240	++					
$N_2H_6Cl_2$	二氯化肼	104.97	无	八		1423[20]	198	// 200	++					
$(NH_4)_2PdCl_4$	四氯合钯酸铵	284.29	橄榄绿	晶		2170			+				−	
$(NH_4)_2PdCl_6$	六氯合钯酸铵	355.20	红	八		2418								
$(NH_4)_2PbCl_6$	六氯合铅酸铵	455.99	黄	晶		2925								
$(NH_4)_2PtCl_4$	四氯合铂酸铵	372.98	红	棱、六		2936			+				−	
$(NH_4)_3RhCl_6 \cdot H_2O$	六氯合铑酸铵	387.75	暗红	棱针					++					÷醇

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$(NH_4)_2IrCl_6$	六氯合铱酸铵	441.01	黑						÷		+Cl			
$2(NH_4)_3IrCl_6 \cdot 3H_2O$	六氯合铱酸铵	972.12	红黑	六					÷					+盐酸
$(NH_4)_2OsCl_6$	六氯合锇酸铵	439.00	红	粉或晶					+				+	+醇
$(NH_4)_2SnCl_6$	六氯合锡酸铵	367.49	无或白	晶		2400			++					
$NiCl_2$	氯化镍	129.61	金黄	鳞	～	3544	1030	↑ 973	表 10.1.31			$+NH_4OH$	÷	−液氯;+乙醚
$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化镍·6水	237.70	绿	单	～ 1.570	1921	80		表 10.1.31				++	
$NiCl_2 \cdot 6NH_3$	六氨合氯化镍	231.79							+	//		$+NH_4OH$	−	
$NiCl_2 \cdot NH_4Cl \cdot 6H_2O$	氯化镍铵·6水	291.19	绿	单	～	1645			150^{25}	++				
$Ni(NH_2)_6Cl_2$	氯化六氨络镍	231.80	蓝紫	立		1468^{25}	//		+	//		÷热氨	−	−乙醚
$Ni(PCl_3)_4$	四(氯化磷)合镍	608.03	浅黄	晶		2100								++有机溶剂
$Ni\ PtCl_6 \cdot 6H_2O$	六氯合铂酸镍·6水	574.61	浅绿	晶		2798								
$NpCl_4$	四氯化镎	378.86	黄红棕	四		4950	538		+		+Cl			
$(NpCl_2)_3$	二氯氮化磷	347.71		正		1980	114	$127^{1.6}$	−	//	$+POCl_3$		+	+乙醚、氯仿
$OsCl_2$	二氯化锇	261.11	绿		～		//		+ //				+	+NaCl 乙醚
$OsCl_3$	三氯化锇	296.56	棕褐	立			//500～600		÷	+	+	+	+	÷乙醚
$OsCl_4$	四氯化锇	332.01	红黄	针			↑	// 323	+ //		+Cl			
$PbCl_2$	氯化铅	278.11	白	晶	毒 2.217	5850	501	950	表 10.1.31			+	−	⑫
$PbCl_2 \cdot PbO$	二氯氧化二铅	501.33	白	四	2.15	7210	524 //		−			+		
$PbCl_2 \cdot 2PbO$	二氯二氧化三铅	724.54	无至黄	正	2.27	7080	693		−					
$PbCl_2 \cdot 3PbO$	二氯三氧化四铅	947.75	黄						0.0056^{18}	0.07^{74}				
$PbCl_2 \cdot 7PbO$	二氯七氧化八铅	1840.59	黄	晶					−			+Cl 浓		
$PbCl_4$	四氯化铅	349.01	黄	油	发烟	3180^{0}	−15	炸 105	//		+Cl			
PCl_3	三氯化磷	137.33	无	液	毒 腐蚀 1.516^{14}	1574^{21}	−112	76	//	//	+苯	+氯仿	+乙醚	$+CS_2, CCl_4$
PCl_5	五氯化磷	208.24	淡黄	四	烟 ～	2110^{20}	// 166	↑ 162	//		//	$+CCl_4$	×	$+CS_2, C_6H_5COCl$
$PdCl_2$	氯化亚钯	177.31	棕红	立	～	4000^{18}	500 //		++	+	+Cl	+	+	+丙酮、HBr
$PdCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化亚钯·2水	213.34	棕	棱	≈		//		++	++	+Cl	+含水 NH_3	+	+丙酮、HCl
$Pd(NH_3)_2Cl_2$	二氯二氨亚钯	211.37	红黄	四		2500			+		+	$+NH_4OH$		
$[Pd(NH_3)_4](PdCl_4)$	四氯合钯酸四氨合钯	422.73	玫瑰红	粉					−					
PH_4Cl	氯化磷	70.46	白	立			28^{460}	↑	//					

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
PI_2Cl_3	二碘三氯化磷	391.19	红	六			// 259		//					$+CS_2$
$[PNH_2(C_6H_5)_3]Cl$	氯化三氨基磷	313.78	无	晶	～		238～240							
$POBrCl_2$	二氯一溴氧化磷	197.81	黄	液		2104^{17}	13	137.6	//					
$POCl_3$	三氯氧化磷	153.33	无	液	发烟　1.46^{25}	1675	1.25	105	//	//	//		//	
$PoCl_4$	四氯化钋	351.86	黄	晶				390	+		+		÷	
$P_2O_3Cl_4$	四氯三氧化磷	251.76	无	液		1820^{15}	−16.5	47						+三氯化磷,磷酰三氯,苯及烃类
$PrCl_3$	氯化镨	247.27	绿	针		4020^{25}	823	不挥发	103.9^{14}	∞			+	−乙醚、氯仿
$PrCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化镨·6水	349.32	绿	粒晶	≈				+					
$PrCl_3 \cdot 7H_2O$	氯化镨·7水	373.34	绿	晶		2251^{20}	115		334^{22}	∞	+Cl			
PtCl	一氯化铂	230.69	黄绿			5870^{11}					+N、S			
$PtCl_2$	二氯化铂	266.00	棕	斜		5870	// 581		÷		+Cl	$+NH_4OH$	−	−乙醚;÷液氨
$PtCl_2(OH)_2$	二氯二羟化铂	300.16	深褐	无	～				+++				+	
$PtCl_3$	三氯化铂	301.43	黑绿	粉		5256^{25}	// >435		÷	+	+Cl*		//	++KI
$PtCl_4$	四氯化铂	336.90	红棕	立		4303^{25}	// 370		表10.1.51			+丙酮	÷	−乙醚;÷液氨
$PtCl_4 \cdot 5H_2O$	四氯化铂·5水	426.98	红	单		2430	$-H_2O$ 100		++	++			+	+乙醚
$PtCl_4 \cdot 8H_2O$	四氯化铂·8水	481.03	红	单		2430	$-4H_2O$ 100		++				+	+乙醚
$Pt(CO)_2Cl_2$	二氯二羰络一铂	322.16	苍黄	针		3488^{25}	142	−CO 210			+Cl			
$Pt_2(CO)_2Cl_4$	四氯二羰络二铂	588.31	黄至橙	针	240℃ ↑(CO_2)	4235^{25}	195	// >300	//		//Cl			
$Pt_2(CO)_3Cl_4$	四氯三羰络二铂	616.32	橙黄	针			130	// 250	//				//	$+CCl_4$*
$Pt(COCl_2)Cl_2$	二氯碳酰氯络铂	365.07	黄	晶			//		+++				÷	$÷÷CCl_4$
$[Pt(NH_3)_4](PtCl_4)$	四氯合铂酸四氨合铂	600.11	深绿或红	晶							−		−	
$PuCl_3$	三氯化钚	348.43				5700	760	1770	++					
$RaCl_2$	氯化镭	296.93	无至淡黄	单		4910	950		25	+			+	
RbCl	氯化铷	120.93	无	立	1.494	2760	717	1390	表10.1.31				0.08^{25}	÷÷丙酮;÷液氨
$ReCl_5$	四氯化铼	328.01	黑					500			+			
$ReCl_5$	五氯化铼	363.47	暗棕	单		4900	278	330	×		×Cl′	+		
$ReOCl_4$	四氯一氧化铼	344.01	橘	针			29.3	223						
$RhCl_2$	二氯化铑	173.81	深	晶	～									

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$RhCl_3$	三氯化铑	209.26	红棕	单、粉	～		// 450	↑800	－	－	－	÷÷	－	－王水
$RhCl_3 \cdot 4H_2O$	三氯化铑·4	281.33	暗红	晶			//		＋＋		＋Cl		＋	－乙醚
$RuCl_2$	二氯化钌	171.98	黑	晶					－		－	÷÷	－	－王水
$RuCl_3$	三氯化钌	207.43	棕黑	六	～	3110	// ＞500		－		＋Cl			
$RuCl_4$	四氯化钌	332.96	红棕	晶					＋				＋	
$SbCl_3$	三氯化锑	228.11	无	斜	腐蚀 ≈	3140^{20}	73.4	223.2	表10.1.31		＋Cl	＋酒石酸	＋	⑬
$SbCl_5$	五氯化锑	299.02	淡黄	液	～	2340^{20}	2.8	140 //	//	//	＋Cl	＋$H_2C_4H_4O_6$	＋甲、乙	＋氯仿，HBr，酒石酸
SbOCl	氯化氧亚锑	173.20	白	粉			170 //		－	//	＋Cl	＋CS_2	－甲、乙	－NH_3、氯仿、醚
$SbOCl \cdot \frac{1}{2}Sb_2O_3$	氯化氧亚锑合氧化亚锑	318.95	白	非	粉		(高温熔解并分解)		//		＋Cl			
$SbOCl_3$	三氯化氧锑	244.13	黄	晶、沉淀	～			//	＋	//			＋	
$ScCl_3$	氯化钪	151.46	无	片		2390^{25}	939	↑ ＞800	＋＋＋				－纯	
SCl_2	二氯化硫	102.97	暗红	液	发烟	1620^{15}	－78	59 //	//			×乙醚	//	＋CCl_4、苯、CS_2
SCl_2O_2	氯化硫酰	134.97	无	液	特臭	1865	－54.1	69.1						＋苯、乙酸
SCl_4	四氯化硫	173.87	黄棕	液			－30	// 30	//					
SCl_7I	七氯一碘化硫	407.18	黄红	棱			//		//					
S_2Cl_2	二氯化二硫	135.03	黄橙	液	1.666^{14}	1673	－82	131 //	×			＋乙醚	＋	＋CS_2、苯
$SeBrCl_2$	二氯溴化硒	265.25	黄褐	晶			190							－CS_2
$SeBr_3Cl$	一氯三溴化硒	354.17	橙	晶			//							÷CS_2
$SeCl_4$	四氯化硒	220.77	无	立	～	3800	305↑	288	×		//	//	－	⑭
$SeCl_2O$	氧氯化硒	165.87	无至微黄	液	透明发烟	2420	8.5	176.4					＋氯仿	＋四氯化碳、苯
Se_2Cl_2	二氯化二硒	228.83	棕红	液		2906^{18}	－85	130	×		＋＋氯仿	×乙醚	×	⑮
$SeOCl_2$	二氯氧化硒	165.87	黄	液		2440^{22}	8.5	179.4	//					// H_2S
$SiCl_3$	三氯化硅	134.45	微橙	液		1580	－1	144^{100}	//			//		
$SiCl_4$	四氯化硅	169.90	无	液	发烟 1.412	1480^{20}	－68.9	57.0	//	//	//S′	＋乙醚	＋ //	＋苯、CCl_4
Si_2Cl_6	六氯乙硅烷	268.89	无	发烟液		1580^{0}		145						
$SiHCl_3$	三氯氢硅	135.45	无	液		1340	－126.5	33						＋氯仿，苯，CS_2
$SmCl_3$	氯化钐	256.80	绿黄	晶		4460^{18}	678		92.4^{10}	100^{50}			＋＋＋纯	＋氮苯 6.4

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$SmCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化钐·6水	364.90	绿	三		2383	$-5H_2O$ 110		+					
$SnCl_2$	氯化亚锡	189.60	白	斜	吸氧	3950^{25}	246.8	623 //	表10.1.31			+	+纯	⑯
$SnCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化亚锡·2水	225.63	白	三		2710	37.7	⑰	119	∞	+	+	+	+酒石酸;乙醚;丙酮;冰乙酸
$SnCl_4$	四氯化锡	260.50	无	液	发烟　强腐蚀	2230	−33	120	+	//	// N′		+++纯	⑱
$SnCl_4 \cdot 5H_2O$	氯化锡·5水	350.61	白	单	≈				+	+			+	
$xSnO_2 \cdot ySnCl_4 \cdot zH_2O$	水合氯化氧锡		白,黄白	粉					+					
$SnOCl_2$	二氯氧化锡	205.61	白			1800			+					
$SnO \cdot SnCl_2 \cdot 3H_2O$	二氯氧化二锡·3水	378.36	白						−	−	+		+	
$SOCl_2$	亚硫酰氯	118.97	无	液	发烟	1655^{15}	−104.5	75.6	//	//		×	×	++苯、氯仿、CCl_4
SO_2Cl_2	硫酸氯	134.96	无	液	发烟　1.444	1667^{20}	−54.1	69.5	//	//		×	//	+苯、乙酸
S_2OCl_4	一氧四氯化二硫	221.96	深红	液		1656^{0}		60	//		+Cl		//	
$S_2O_3Cl_4$	三氧四氯化二硫	253.96	白	正			57 //		//					
$SrCl_2$	氯化锶	158.53	白	立	～　1.650	3052	873	1250	表10.1.31				÷无水	⑲
$SrCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化锶·2水	194.56	白	晶、粉			(825℃呈玻璃状)		+				−纯	+其112℃结晶水
$SrCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化锶·6水	266.62	白	正	1.536	1933^{17}	$-4H_2O$ 61	$-6H_2O$ 150	表10.1.31				+	
$TaCl_5$	五氯化钽	358.21	亮黄	单	～	3680^{27}	216.5	242	×		// S		+	+氢氧化钾
$TbCl_3$	氯化铽	265.28	白	晶		4350^{0}	538	1547	+				+	
$TeCl_2$	二氯化碲	198.52	黑	晶		7050	210	324	//		//	//		
$TeCl_4$	四氯化碲	269.41	亮黄	单	～	3260	224	390	×		+Cl	$-CS_2$	+	+苯、甲苯、氯仿
$ThCl_4$	四氯化钍	373.85	无	四	～	4590	765	// 922	++	×	+		+	+乙醚
$Ti_7C_{36}H_{42}O_{12}Cl_6$	⑳	951.07	红黄	晶					+		+醋酸			+苯、氯仿
$TiCl_2$	二氯化钛	118.81	黑	六	≈	3130	1025	//	//			$-CS_2$	+	−乙醚、氯仿
$TiCl_3$	三氯化钛	154.26	紫	六	～	2710	↑425	// 450	+	+	+Cl		++	−乙醚
$TiCl_4$	四氯化钛	189.71	亮黄	液	1.6059^{16}	1726^{20}	−24.1	136.4	+	//	+Cl		+	∞CCl_4、氯仿
$TlCl$	一氯化铊	239.82	白	立	2.247	7004^{30}	431	720	表10.1.31		÷Cl	$-NH_4OH$	+	−乙醚
$TlCl_3$	三氯化铊	310.73	无	单	～		155//	//	÷				+	+乙醚
Tl_2Cl_3	三氯化二铊	515.10	黄	六		5900	400～500	//	0.26^{15}	1.9				

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$TlCl_3 \cdot 4H_2O$	三氯化铊·4水	382.79		针			37	$-4H_2O$ 100	86.2^{17}	//			+	+乙醚
Tl_2PtCl_6	六氯合铂酸铊	816.55	浅棕	晶		5760^{17}			÷					
UCl_3	三氯化铀	344.39	深红	六		5350	842	1780	++	//	×		×甲	㉑
UCl_4	四氯化铀	379.84	暗绿	四	~	4870	590	792	++	//	+Cl		+	㉒
UCl_5	五氯化铀	415.29	红棕	单	~	3180		// 320	//		+		×	㉓
UCl_6	六氯化铀	450.75	暗绿至黑	三		3600	177 //		×					$+CCl_4$
UO_2Cl_2	氯化双氧铀	340.93	黄	斜	~	5280	578 //		320^{18}	+++			+	㉔
VCl_2	二氯化钒	121.85	绿	六	~	3730			+	//			+	+乙醚
VCl_3	三氯化钒	157.30	粉红	平、片	~	3000^{18}	//		+	//			+纯	+乙醚
VCl_4	四氯化钒	192.75	红棕	稠液		1816^{30}	−20.5	153//164	+//				+纯	㉕
$VOCl$	一氯化氧钒	102.39	棕褐	粉		2824			−		++N			
$VOCl_2$	二氯一氧化钒	137.85	绿		~	2880^{13}			//		+N		+纯	
$VOCl_3$	三氯化氧钒	173.30	黄	液		1829	<−15	127.2	+//				+	+乙醚；∞Br_2
$(VO)_2Cl$	一氯二氧化二钒	169.33	黄	晶	空气中//	3640	//		−		+N			
WCl_2	二氯化钨	254.83	灰	无		5436^{25}								
WCl_4	四氯化钨	325.75	灰褐		~	4624	//		//					
WCl_5	五氯化钨	361.12	暗绿	单		3870	248	287	$\rightarrow W_2O_5$					$÷CS_2$
WCl_6	六氯化钨	396.57	紫蓝	六		3520^{25}	275	346.7		//	+乙醚、苯、四氯化碳		+	$++CS_2, POCl_3$
$WOCl_6$	四氯氧化钨	341.66	深红	针		11920	211	227.5						+苯，二硫化碳
$WOCl_2$	二氯二氧化钨	286.83	苍黄	片			266		+	//		+		$//NH_3$
$WOCl_4$	四氯化氧钨	341.75	红	针		11920	210	227.5	//			÷苯		$+CS_2, S_2Cl_2$
$YbCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化镱·6水	387.51	绿	正		2575	150	$-6H_2O$ 180	+++	+++			+纯	
YCl_3	氯化钇	195.26	白	斜		2800^{18}	703	1510	73.6	78.3^{80}			60^{15}	++吡啶
$YCl_3 \cdot H_2O$	氯化钇·1水	213.31	无				$-H_2O$ 160	// 170	+++	+++				
$YCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化钇·6水	303.39		正	~	2180^{18}	$-5H_2O$ 100		+++	+++			+	−乙醚
$ZnCl_2$	氯化锌	136.29	白	六	≈ 1.687	2910^{25}	283	732 ↑	表 10.1.31				$100^{12.5}$	—液氨；++乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$ZrCl_2$	二氯化锆	162.13	黑	粉		3600^{18}	// 350		//					
$ZrCl_4$	四氯化锆	223.03	白	立	～	2800^{15}	437^{1990}	↑ 333	+	//	+Cl′	+乙醚	+	+碱金属氯化物
$ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$	二氯氧化锆·8水	322.25	无	四	1.552	1550	$-8H_2O$ 210	$\rightarrow ZrO_2$ 400	表10.1.31		+Cl′		+	+

① 溶于KCN、吡啶1.9^{20}、液氨0.28^{0}、硫代硫酸钠和碱金属硝酸盐。

② 不溶于苯，溶于CCl_4、乙醚、丙酮和氯仿0.75^{25}。

③ 溶于HBr、HF、PCl_3、苯和乙醚。

④ 300℃时能在真空中升华。不溶于液氨、丙酮、苯和甲苯；微溶于CS_2、氯仿；溶于乙醚、吡啶和二硫化碳。

⑤ 易溶于丙酮，也可溶于液体二氧化硫、乙胺、苯胺。不溶于甘油、三氯化磷。水溶液呈现酸性。

⑥ 不溶于乙醚、丙酮；溶于$Hg(NO_3)_2$、王水。

⑦ 难溶于CS_2；溶于甘油、丙酮、苯、乙酸、二噁烷、乙醚（100g溶剂中溶解4g)、乙酸乙酯、吡啶。

⑧ 不溶于丙酮，醚;；易溶于甘油，乙醚。

⑨ 能溶于醇、丙酮、戊醇、吡啶和硝基苯，高于98℃失去结晶水，水溶液呈中性或微碱性。

⑩ 不溶于乙醚、丙酮；溶于甘油、液氨。

⑪ 溶于CS_2、CCl_4、乙醚、丙酮、氯仿、乙酸。

⑫ 不溶于乙醚，微溶于液氨、稀醇；溶于盐酸、甘油、吡啶、硝酸铵、硫代硫酸钠，在热硝酸中分解。

⑬ 极微溶于CCl_4；溶于CS_2、HBr、$H_2C_4H_4O_6$、乙醚、丙酮、氯仿、苯。

⑭ 微溶于CS_2；溶于氧氯化磷（$POCl_3$)、$POCl_3$；在H_2S中分解；不溶于乙醚。

⑮ 和缓加热至100℃，失去大部分水；快速加热至高温，则分解为水、盐酸、氯化物和氧化亚锡；易溶于CS_2、CCl_4。

⑯ 溶于丙酮56^{18}、吡啶、甲基丙酮、乙酸乙酯、乙醚；易水解生成Sn(OH)Cl。

⑰ 缓和加热至100℃，失去大部分水；快速加热至高温，则分解为水、盐酸、氯化物和氧化亚锡。

⑱ 溶于苯、四氯化碳、汽油、丙酮、液氨等多数有机溶剂和非极性溶剂；易溶于醚；无限溶于CS_2。

⑲ 极微溶于吡啶、液氨；微溶于甘油、丙酮55.6^{18}。

⑳ 全名为：六氯合钛酸双三(2,4-戊二酮)合钛。

㉑ 不溶于CCl_4、丙酮、氯仿，溶于冰乙酸。

㉒ 不溶于苯、氯仿、乙醚，溶于丙酮、乙酸乙酯、吡啶和氯化铵。

㉓ 溶于CS_2、CCl_4，不溶于苯，与乙醚、丙酮起反应。

㉔ 不溶于苯、CCl_4，溶于乙醚、丙酮和吡啶。

㉕ 不溶于液氨，溶于醚、氯仿、乙酸；易溶于吡啶、苯胺等含氮溶剂，极易溶于甲醇、乙醇、甘油和丙酮等含氧有机溶剂。

表 10.1.2 氯化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
一氯化硫	10025-67-9	81032	1.33(19℃)	可	118	234		—	T,R,JS	8.1	R14;R20;R25;R29;R35;R50	S26;S36/37/39;S45;S61
二氯化硫	10545-99-0	81033	22.66(20℃)	助	※	※		※	T,R	8.1		
二氯氧化硫	7791-25-5	81035	14.00(20℃)	不	※	※		※	G,T,JS	8.1	R14;R34;R40	S26;S36/37;S45
三氯化钛	7705-07-9	42008	—	不	※	※		※	P,R,T	4.2	R35	S26;S36/37/39;S45
三氯化砷	7784-34-1	61013	1.33(23.5℃)	不	※	※		※	T,G,JS	6.1		
三氯化铁	7705-08-0	81513	—	不	※	※		※	W	6.1	R22;R38;R41	S26;S39
三氯化铝(无水)	7446-70-0	81045	0.13(100℃)	助	※	※		※	T,G,JS	8.1	R34	S28A;S45;S7/8
三氯化锑	10025-91-9	81046	0.13(49.2℃)	不	※	※		※	T,G	8.1	R34;R51/53	S26;S45;S61
三氯化碘	865-44-1	81521		助	※	※	乙	※	S,R,G,T	8.1	R34	S26;S36/37/39;S45
三氯化磷	7719-12-2	81041	13.33(21℃)	助	※	※	乙	※	R,G,JS	8.1	R14;R26/28;R35;R40;R48/20	S7/8;S26;S36/37/39;S45
五氯化钼	10241-05-1	81514		不	※	※		※	T,G,P,R	8.1	R14;R34	S26;S7/8
五氯化钽	7721-1-9	81516		不	※	※		※	T,G,P,R	8.1		
五氯化铌	10026-12-7	81515		不	※	※		※	K	8.1	R22;R34	S25;S36/37/39;S45
五氯化锑	7647-18-9	81047	0.13(22.7℃)	不	※	※		※	R,G,T,S	8.1		
五氯化磷	10026-13-8	81042	—	助	※	※		※	G,T,Sw	8.1	R14;R22;R26;R34;R48/20	S26;S36/37/39;S45;S7/8
四氯化钛	7550-45-0	81051	1.33(21.3℃)	不	※	※		※	T,G,JS	8.1	R11;R14;R34;R48/20;R63;R65;R67	S26;S36/37/39;S45;S46;S62;S7/8
四氯化铅		81049	—	不	※	※		※	T,P,R,G	8.1		
四氯化硅	10026-04-7	81043	55.99(37.8℃)	不	※	※		※	T,G,JS	8.1	R14;R36/37/38	S26;S7/8
四氯化硒		61019	0.13(74℃)	不	※	※		※	S	6.1		

续表

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
四氯化锆	10026-11-6	81517	0.13(190℃)	不	※	※		※	T,P,R,G	8.1	R14;R22;R34	S8;S26;S36/37/39;S45
四氯化锗	10038-98-9	81048	10.13(20℃)	不	※	※		※	T,G,JS	8.1	R14;R34	S25;S36/37/39;S45;S8
四氯化锡(无水)	7646-78-8	81053	1.33(50℃)	不	※	※		※	T,G,JS	8.1	R34;R40	S23;S24/25;S26;S36/37;S45;S7/8
氧氯化硒	7791-23-3	81039	0.13(34.8℃)	助	※	※	—	※	T,P	8.1		
氧氯化磷	10025-87-3	81040	5.33(27.3℃)	助	※	※	—	※	G,T,JS	8.1	R14;R22;R26;R35;R48/23	S26;S36/37/39;S45;S7/8
氯化亚汞	10112-91-1			不	※	※		※	K		R22;R36/37/38;R50/53	S13;S24/25;S46;S60;S61
氯化亚砜	7719-09-7	81037	13.3(21.4℃)	不	※	※	丙	※	G,T,JS	8.1	R14;R20/22;R29;R35	S26;S36/37/39;S45
氯化亚锡	7772-99-8			不	※	※		※	G,T		R22;R34	S26;S36/37/39;S45
氯化汞	7487-94-7	61030	0.13(136.2℃)	不	※	※	—	※	K	6.1	R28;R34;R48/24/25;R50/53	S36/37/39;S45;S60;S61
氯化钡	10361-37-2	61021	—	不	※	※	—	※	K	6.1	R20;R25	S45
氯化钴	7791-13-1			不	※	※		※	K		R22;R42/43;R49;R50/53	S22;S45;S53;S60;S61
氯化硒	10025-68-0	61019	—	不	※	※	—	※	S	6.1		
氯化氮	10025-85-1		20(20℃)	助	※	※	甲	※	G,T			
氯化锌	7646-85-7	83504	0.13(428℃)	不	※	※	—	※	W	8.3	R22;R34;R50/53	S26;S36/37/39;S45;S60;S61
氯化溴	13863-41-7	23026		不	※	※		※	QQ	2.3		
氯化镉	10108-64-2	61504		不	※	※		※	P,R,G,T	6.1	R25;R26;R45;R46;R48/23/25;R50/53;R60;R61	S45;S53;S60;S61

10.1.1 密 度

表 10.1.3 氯化钾水溶液的浓度和密度

浓度			密度	浓度			密度
(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)	/(kg/m³)	(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)	/(kg/m³)
1	0.1347	10.04	1005	14	2.048	152.6	1090
2	0.2712	20.22	1011	16	2.372	176.6	1104
4	0.5494	40.95	1024	18	2.700	201.3	1118
6	0.8345	62.21	1037	20	3.039	226.5	1132
8	1.127	84.00	1050	22	3.386	252.4	1147
10	1.426	106.3	1063	24	3.742	278.9	1162
12	1.733	129.2	1077				

表 10.1.4 氯化钠水溶液的浓度和密度（Ⅰ）

浓度			密度	波美度	浓度			密度	波美度
(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)	/(kg/m³)	/°Bé	(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)	/(kg/m³)	/°Bé
1	0.172	10.05	1005	1.0	14	2.636	154.1	1101	13.2
2	0.346	20.25	1012	2.1	16	3.055	178.5	1116	15.1
4	0.703	41.07	1027	4.1	18	3.485	203.7	1132	16.9
6	1.069	62.47	1041	5.9	20	3.927	229.5	1148	18.7
8	1.445	84.47	1056	7.7	22	4.380	256.0	1164	20.4
10	1.831	1012.1	1071	9.6	24	4.846	283.2	1180	22.1
12	2.228	130.2	1086	11.4	26	5.325	311.2	1197	23.8

表 10.1.5 氯化钠水溶液的浓度和密度（Ⅱ） 单位：g/cm³

浓度(质量分数)/%	温度/℃								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
1	1.00747	1.00707	1.00534	1.00261	0.99908	0.99482	0.9900	0.9785	0.9651
2	1.01509	1.01442	1.01246	1.00261	0.99908	0.99482	0.9900	0.9785	0.9651
4	1.03038	1.02920	1.02680	1.02361	1.01977	1.01531	1.0103	0.9988	0.9855
6	1.04575	1.04408	1.04127	1.03781	1.03378	1.02919	1.0241	1.0125	0.9994
8	1.06121	1.05907	1.05589	1.05219	1.04798	1.04326	1.0381	1.0264	1.0134
10	1.07677	1.07419	1.07068	1.06676	1.06238	1.05753	1.0523	1.0405	1.0276
12	1.09244	1.09946	1.08566	1.08153	1.07699	1.07202	1.0667	1.0549	1.0420
14	1.10824	1.10491	1.10085	1.09651	1.09182	1.08674	1.0813	1.0694	1.0565
16	1.12419	1.12056	1.11621	1.11171	1.10688	1.10170	1.0962	1.0842	1.0713
18	1.14031	1.13643	1.13190	1.12715	1.12218	1.11691	1.1113	1.0993	1.0864
20	1.15663	1.15254	1.14779	1.14285	1.13774	1.13238	1.1268	1.1146	1.1017
22	1.17318	1.16891	1.16395	1.15883	1.15358	1.14812	1.1425	1.1302	1.1172
24	1.18999	1.18557	1.18040	1.17511	1.16971	1.16414	1.1584	1.1463	1.1331
26	1.20709	1.20254	1.19717	1.19170	1.18614	1.18045	1.1747	1.1626	1.1492

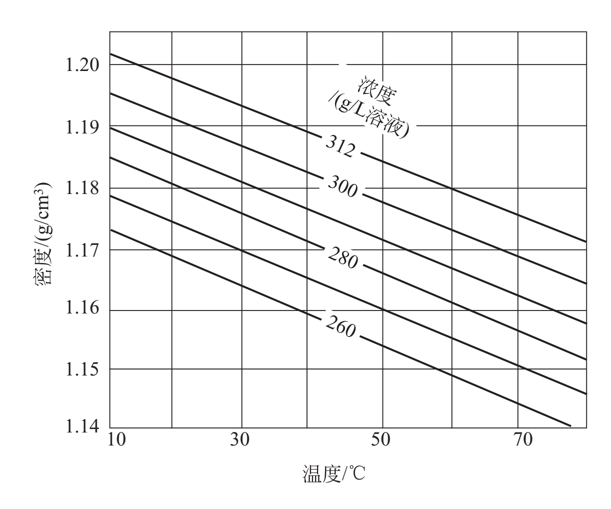


图 10.1　氯化钠水溶液的密度

表 10.1.6　氯化钙水溶液的浓度和密度（Ⅰ）　　单位：kg/m³

浓度（质量分数）/%	温度/℃ -5	0	10	20	25	30	40	50	60
2		1.0171	1.0166	1.0148	1.0135	1.0120	1.0084	1.6043	0.9940
4		1.0346	1.0337	1.0316	1.0302	1.0286	1.0249	1.0207	1.0158
6		1.0523	1.0509	1.0486	1.0471	1.0455	1.0416	1.0373	1.0324
8	1.0708	1.0703	1.0684	1.0459	1.0643	1.0626	1.0586	1.0542	1.0492
10	1.0894	1.0886	1.0863	1.0835	1.0818	1.0800	1.0700	1.0715	1.0664
12	1.1083	1.1072	1.1045	1.1015	1.0997	1.0978	1.0937	1.0891	1.0840
14	1.1276	1.1261	1.1231	1.1198	1.1180	1.1160	1.1117	1.1070	1.1019
16	1.1471	1.1454	1.1421	1.1386	1.1366	1.1345	1.1301	1.1254	1.1202
18	1.1670	1.1651	1.1616	1.1578	1.1557	1.1535	1.1490	1.1442	1.1389
20	1.1874	1.1853	1.1815	1.1775	1.1753	1.1730	1.1634	1.1635	1.1581
25		1.2326	1.2330	1.2284	1.2260	1.2236	1.2186	1.2134	1.2079
30		1.2922	1.2869	1.2816	1.2790	1.2764	1.2109	1.2654	1.2597
35				1.3373	1.3345	1.3356	1.3255	1.3196	1.3137
40				1.3957	1.3927	1.3895	1.3826	1.3762	1.3700

浓度（质量分数）/%	温度/℃ 70	80	90	100	110	120	130	140
2	0.9940	0.9881	0.9816	0.9748	0.9674	0.9596	0.9514	0.9428
4	1.0104	1.0046	0.9781	0.9915	0.9842	0.9765	0.9685	0.9601
6	1.0270	1.0213	1.0148	1.0085	1.0012	0.9937	0.9859	0.9776
8	1.0439	1.0382	1.0317	1.0257	1.0185	1.0111	1.0036	0.9954
10	1.0611	1.0554	1.0490	1.0432	1.0361	1.0287	1.0213	1.0134
12	1.0787	1.0730	1.0667	1.0610	1.0539	1.0466	1.0394	1.0317
14	1.0966	1.0909	1.0847	1.0790	1.0720	1.0649	1.0577	1.0503
16	1.1148	1.1092	1.1031	1.0973	1.0905	1.0835	1.0954	1.0691
18	1.1335	1.1279	1.1219	1.1160	1.1094	1.1025	1.1150	1.0883
20	1.1528	1.1471	1.1412	1.1352	1.1287	1.1219		1.1080
25	1.2024	1.1965	1.1906	1.1846				
30	1.2539	1.2478	1.2419	1.2359				
35	1.3075	1.3013	1.2953	1.2893				
40	1.3635	1.3571	1.3510	1.3450				

表 10.1.7　氯化钙水溶液的浓度和密度（Ⅱ）

浓　　度			密度 /(kg/m³)	波美度 /°Bé	浓　　度			密度 /(kg/m³)	波美度 /°Bé
(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)			(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)		
1	0.0907	10.07	1007	1.3	16	1.641	182.1	1139	17.7
2	0.1829	20.29	1015	2.5	18	1.877	208.4	1158	19.8
4	0.3718	41.26	1032	4.8	20	2.121	235.5	1177	21.8
6	0.5668	62.91	1049	6.9	25	2.766	3012.1	1228	26.9
8	0.7683	85.27	1066	9.0	28	3.179	352.8	1260	29.9
10	0.9761	108.3	1083	11.0	30	3.464	384.4	1282	31.9
12	1.190	132.1	1101	13.2	35	4.216	468.0	1337	36.4
14	1.412	156.7	1120	15.6	40	5.029	558.2	1396	40.5

表 10.1.8　氯化镁水溶液的浓度和密度　　单位：kg/m^3

浓度 (质量分数)/%	温　　度/℃					
	0	20	40	60	80	100
2	1016.8	1014.6	1008.4	999.5	988.3	975.3
4	1033.8	1031.1	1024.8	1015.9	1005.0	992.3
8	1068.3	1064.6	1058.0	1049.3	1038.8	1026.9
12	1103.5	1098.9	1092.1	1083.6	1073.5	1062.2
16	1139.5	1134.2	1127.2	1118.8	1109.2	1098.4
20	1176.4	1170.6	1163.5	1155.2	1146.0	1135.9
25	1224.6	1218.4	1211.1	1203.1	1194.2	1184.7
30	1275.4	1268.8	1261.4	1253.5	1245.1	1236.0
32		1298.0				

表 10.1.9　氯化钡水溶液的浓度和密度　　单位：kg/m^3

浓度 (质量分数)/%	温　　度/℃						浓度 (质量分数)/%	温　　度/℃					
	0	20	40	60	80	100		0	20	40	60	80	100
2	1018	1016	1010	1000	989	976	20	1210	1203	1194	1183	1170	1156
4	1037	1034	1028	1018	1007	993	24		1253	1243	1232	1219	1204
8	1076	1072	1065	1055	1043	1030	26		1279	1269	1257	1244	1230
12	1118	1113	1105	1095	1083	1069	30		1322				
16	1163	1156	1148	1137	1125	1111							

表 10.1.10　氯化镉的密度　　单位：g/cm^3

浓度 (质量分数)/%	温　　度/℃										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	1.2059	1.2029	1.1992	1.1945	1.1892	1.1832	1.1768	1.1697	1.1821	1.1540	1.1456
25	1.2687	1.2648	1.2604	1.2551	1.2492	1.2427	1.2357	1.2290	1.2199	1.2114	1.2020
30	1.3370	1.3324	1.3273	1.3213	1.3147	1.3076	1.3000	1.2918	1.2832	1.2741	1.2650
35	1.4122	1.4068	1.4010	1.3943	1.3870	1.3793	1.3710	1.3622	1.3530	1.3434	1.3338
40	1.4961	1.4899	1.4833	1.4759	1.4679	1.4594	1.4506	1.4411	1.4314	1.4212	1.4111
45	1.5883	1.5823	1.5743	1.5883	1.5582	1.5480	1.5384	1.5293	1.5190	1.5082	1.4876
50	1.6921	1.6845	1.6762	1.6676	1.6582	1.6484	1.6381	1.6273	1.6164	1.6050	1.5939

注：浓度为2%、4%、6%、8%、10%、12%、14%、16%、18%时，其值分别为1.016g/cm³、1.034g/cm³、1.052g/cm³、1.072g/cm³、1.091g/cm³、1.111g/cm³、1.132g/cm³、1.154g/cm³和1.176g/cm³。

表 10.1.11　氯化锌水溶液的浓度和密度　　单位：kg/m³

浓　度 (质量分数)/%	温　　度/℃					
	0	20	40	60	80	100
2	1019.2	1016.7	1009.9	1000.3	988.2	973.9
4	1038.4	1035.0	1027.4	1017.2	1004.4	989.4
8	1076.9	1071.5	1062.4	1050.8	1036.9	1021.1
12	1115.9	1108.5	1098.0	1085.3	1070.4	1054.1
16	1155.8	1146.8	1135.0	1121.2	1105.5	1088.8
20	1197.0	1186.6	1173.6	1159.0	1142.8	1125.5
30	1306.2	1292.8	1277.8	1261.4	1243.8	1225.2
40	1432.9	1417.3	1400.3	1382.4	1363.7	1344.1
50	1586.0	1568.1	1549.5	1530.0	1509.7	1489.2
60		1749				
70		1962				

表 10.1.12　三氯化铁水溶液的密度　　单位：kg/m³

浓　　度		密　　度				浓　度		密　　度			
(质量分数)/%	/(g/L)	ρ_0	ρ_{10}	ρ_{20}	ρ_{30}	(质量分数)/%	/(g/L)	ρ_0	ρ_{10}	ρ_{20}	ρ_{30}
1	10.09	1.009	1.008	1.009	1.004	25	309.3	1.240	1.238	1.237	1.229
2	20.34	1.017	1.017	1.017	1.012	26	324.7			1.249	
3	30.78			1.026		27	340.2			1.260	
4	41.36	1.035	1.034	1.034	1.029	28	355.9			1.271	
5	52.15			1.043		29	372.1			1.283	
6	63.12		1.052	1.052		30	388.5	1.297	1.295	1.295	1.285
7	74.20			1.060		31	405.2			1.307	
8	85.52	1.070	1.069	1.069	1.064	32	422.1			1.319	
9	96.93			1.077		33	439.2			1.331	
10	108.60		1.087	1.086		34	457.0			1.344	
11	120.10			1.094		35	475	1.360	1.358	1.351	1.348
12	132.60	1.109	1.107	1.105	1.101	36	493.2			1.370	
13	145.0			1.115		37	511.7			1.383	
14	157.5		1.125	1.125		38	530.5			1.396	
15	170.3			1.135		39	549.9			1.410	
16	183.0	1.148	1.145	1.144	1.139	40	569.2	1.428	1.423	1.423	1.412
17	196.2			1.154		41	588.8			1.436	
18	209.5		1.164	1.164		42	608.6			1.449	
19	223.1			1.174		43	628.7			1.462	
20	237.0	1.87	1.185	1.185	1.179	44	649.0			1.475	
21	251.0			1.195		45	669.6		1.492	1.488	
22	265.3		1.206	1.206		46	690.5			1.501	
23	279.7			1.216		50			1.561	1.551	
24	294.2		1.226	1.226							

表 10.1.13　四氯化钛的密度　　单位：kg/m³

温度/℃	−10	0	10	20	40	100
密度 ρ	1778.4	1760.9	1744.6	1727.7	1693.7	1589.7

表 10.1.14 氯化铵水溶液的密度

浓度			温度/℃								
(质量分数)/%	/(g/L)	/(mol/L)	0	10	20	25	30	40	60	80	100
1	10.01	0.1872	1.0033	1.0029	1.0013	1.0002	0.9987	0.9952	0.9861	0.9749	0.9617
2	20.09	0.3755	1.0067	1.0062	1.0045	1.0033	1.0018	0.9982	0.9891	0.9780	0.9651
4	40.42	0.7556	1.0135	1.0126	1.0107	1.0093	1.0077	1.0041	0.9950	0.9842	0.9718
6	61.00	1.140	1.0201	1.0189	1.0168	1.0153	1.0136	1.0100	1.0009	0.9903	0.9784
8	81.81	1.529	1.0266	1.0251	1.0227	1.0212	1.0195	1.0158	1.0067	0.9963	0.9849
10	102.8	1.923	1.0329	1.0311	1.0286	1.0270	1.0253	1.0216	1.0125	1.0022	0.9912
12	124.1	2.320	1.0391	1.0370	1.0344	1.0327	1.0310	1.0273	1.0182	1.0081	0.9975
14	145.6	2.722	1.0451	1.0428	1.0401	1.0383	1.0366	1.0329	1.0239	1.0140	1.0036
16	167.3	3.128	1.0510	1.0485	1.0457	1.0439	1.0422	1.0385	1.0296	1.0198	1.0096
18	189.2	3.537	1.0568	1.0541	1.0512	1.0494	1.0477	1.0441	1.0353	1.0255	1.0155
20	211.3	3.951	1.0625	1.0596	1.0567	1.0549	1.0532	1.0499	1.0409	1.0312	1.0213
22	233.6	4.368	1.0681	1.0651	1.0621	1.0603	1.0587	1.0551	1.0465	1.0369	1.0271
24	256.1	4.787	1.0736	1.0705	1.0674	1.0657	1.0641	1.0605	1.0520	1.0426	1.0327
26	278.8	5.213			1.072						

表 10.1.15 其他氯化物水溶液的密度

单位：kg/m^3

名称	温度/℃	浓度(质量分数)/%																			
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
$AlCl_3$	18	1008	1016	1034	1053	1071	1090	1109	1129	1149	1156	1164	1178	1191	1205	1222	1242	1290			
$AuCl_3$	15	1006	1013	1028	1043	1059	1075														
$CoCl_2$	20	1007	1016	1035	1054	1074	1094	1115	1136	1158	1182	1205									
$CrCl_3$紫	18	1008	1017	1035	1054	1072	1092	1111	1132												
$CrCl_3$绿	18	1007	1016	1033	1051	1069	1088	1106													
$CrCl_3$①	18	1008	1016	1035		1072		1111													
$CuCl_2$	0	1010		1039		1079		1121		1165		1212									
$CuCl_2$	20	1007	1017	1036	1056	1075	1096	1117	1138	1160	1182	1205	1229	1253	1278		1288	1352	1442	1500	1586
$CuCl_2$	40	1002		1030		1068		1107		1151		1195									
CsCl	20	1006	1014	1030	1046	1063	1080	1098	1117	1136	1155	1176	1197	1218							
$FeCl_2$	18	1008	1016	1035	1054	1073	1092	1113	1134	1155	1177	1200			1260^{25}						
$HgCl_2$	20	1007	1015	1032	1050																
LiCl	20	1004	1010	1022	1033	1044	1056	1068	1079	1091	1103	1115	1127	1140	1153	1166	1179	1217	1254	1269^{42}	
$MgCl_3$	15			1035	1049	1067	1086	1102	1121	1139	1158	1176	1197	1218	1232						
$MnCl_2$	18	1007	1015	1032	1052	1068	1086	1105	1124	1144	1164	1185	1206	1228	1251	1275	1299	1366	1436	1507	
$NiCl_2$	20	1008	1018	1037	1057	1078	1099	1122	1143	1167	1191	1215					1352				
RbCl	20	1006	1013	1028	1044	1060	1076	1093	1110	1128	1146	1165	1184	1204			1267	1324	1386	1453	1527
$SnCl_2$②	15	1007	1015	1031	1047	1064	1081	1099	1117	1135	1155	1174		1216		1260	1284	1346	1415		1573
$SnCl_3$	15			1036	1052	1073	1093	1114	1135	1157	1178	1199	1223	1248	1264						
$SnCl_4$③	15	1007	1015	1031	1047	1064	1081	1099	1117	1135	1154	1173	1192	1212	1233	1255	1278	1337	1403	1475	1555
$SnCl_4$	18	1007	1015	1031	1047	1063	1080	1097	1115	1133	1152	1171	1190								
$SrCl_2$	20		1016	1034	1053	1073	1093	1113	1134	1156	1178	1201	1224	1248	1274	1300	1325	1396			

① 为紫绿体的平衡混合物。
② 质量%为 55、60 和 65 时，其密度分别为 1666、1770、1886。
③ 质量%为 55、60、65、70 时，其密度分别为 1644、1742、1851、1971。

10.1.2　黏　　度

表 10.1.16　四氯化钛的黏度

温　度/℃	−10	0	10	20	40
η/mPa·s	1.17	1.012	0.912	0.826	0.726

表 10.1.17　其他氯化物的黏度　　　　单位：mPa·s

（1）

名　称	温　　度/K										
	500	510	540	550	570	600	610	650	730	850	970
AgCl									2.29	1.74	1.41
$AlCl_3$	0.35^{470}	0.26	0.22	0.20							
$BiCl_3$			30.2		23.7		18.3				
CuCl	2.81			2.33		1.96		1.69			

（2）

名　称	温　　度/K										
	780	800	840	860	880	900	920	940	960	980	1080
$CdCl_2$				2.31^{870}					1.87		
CuCl		2.54	2.207	2.058	1.920	1.793	1.678	1.574	1.482	1.401	
LiCl							1.59^{910}	1.45	1.32	1.21	0.87
NaCl			1.310	1.122	1.037	1.006	0.979				
$PbCl_2$	4.41	3.96	3.23	2.94	2.69	2.47	2.28	2.11	1.95		

（3）

名　称	温　　度/K									
	1060	1090	1130	1140	1150	1190	1200	1240	1270	1310
$BaCl_2$									4.60	3.61
$CaCl_2$	3.340	2.823	2.259	2.140	2.030	1.679	1.613	1.440		
KCl	1.15	1.04	0.92	0.90	0.88	0.82	0.81			
NaCl		1.38	1.16	1.12	1.08	0.95	0.92	0.82		

（4）

名　称	温　　度/℃									
	30	40	50	280	285	290	295	300	305	308
$HgCl_2$				1.770	1.749	1.715	1.657	1.584	1.536	
$SnCl_4$	0.81	0.72	0.67							
MgCl										4.12

表 10.1.18　氯化钠水溶液的黏度

（1）

浓度(质量分数)/%	7				11				
温度/℃	−4	0	10	20	−7.5	−5	0	10	20
运动黏度/(mm^2/s)	20.6	17.8	13.4	10.3	24.5	22.6	18.7	14.1	10.6
动力黏度/mPa·s	2.157	1.873	1.412	1.079	2.648	2.442	2.020	1.520	1.147

浓度(质量分数)/%	13.6					16.2				
温度/℃	−9.8	−5	0	10	20	−12.2	−10	−5	10	20
运动黏度/(mm^2/s)	31.3	23.7	19.5	14.7	11.2	38.4	31.8	25.8	15.7	12.0
动力黏度/mPa·s	3.432	2.609	2.148	1.618	1.226	4.217	3.491	2.834	1.726	1.314

续表

浓度(质量分数)/%	18.8						21.2			
温度/℃	−15	−10	−5	0	10	20	−18	−15	−10	−5
运动黏度/(mm^2/s)	41.9	34.0	27.4	22.5	16.3	12.6	52.4	45.5	37.0	29.6
动力黏度/mPa·s	4.716	3.874	3.119	2.560	1.853	1.432	6.080	5.276	4.305	3.442
浓度(质量分数)/%	21.2			23.1						
温度/℃	0	10	20	−21	−15	−10	−5	0	10	20
运动黏度/(mm^2/s)	24.1	17.3	13.3	66.0	49.0	40.2	32.0	25.9	18.4	14.2
动力黏度/mPa·s	2.805	2.010	1.549	7.747	5.747	4.707	3.746	3.040	2.157	1.667

(2) 单位：mPa·s

浓 度	温 度/℃									
(质量分数)/%	−10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
5	—	18.9	13.9	10.7	8.70	12.10	6.00	5.10	4.50	4.00
10	—	20.1	15.1	11.9	9.50	7.80	6.70	5.70	5.10	4.50
15	33.7	22.7	16.9	13.4	10.7	8.90	7.50	6.40	5.60	5.00
20	40.8	26.7	19.9	15.8	12.4	10.3	8.70	7.40	6.40	5.70
25	51.9	33.1	23.8	18.6						

(3)

温度/℃	密 度/(kg/m^3)										
	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100
0	1.765	1.785	1.804	1.824	1.844	1.873	1.912	1.961	2.020	2.079	2.148
−5							2.305	2.373	2.442	2.520	2.608
温度/℃	密 度/(kg/m^3)										
	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1175	1180	1190	1200
0	2.236	2.324	2.432	2.560	2.687	2.824	2.962	3.040	3.138	3.295	3.472
−5	2.716	2.834	2.971	3.118	3.275	3.442	3.638	3.746	3.854	4.070	
−10	3.344	3.491	3.677	3.874	4.080	4.305	4.560	4.707	4.864		
−15				4.776	5.011	5.276	5.580	5.747	5.933		
−20							6.865	7.041			

表 10.1.19 氯化钙水溶液的黏度

(1) 密度为变量 单位：mPa·s

温度/℃	密 度/(kg/m^3)												
	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100	1110	1120
0	1.775	1.810	1.848	1.888	1.933	1.981	2.034	2.091	2.153	2.221	2.295	2.375	2.462
温度/℃	密 度/(kg/m^3)												
	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210	1220	1230	1240	1250
0	2.555	2.656	2.765	2.873	2.991	3.118	3.275	3.442	3.618	3.815	4.021	4.256	4.521
−10			4.364	4.511	4.609	4.844	5.070	5.325	5.609	5.923	6.266	6.678	7.080
−15					6.149	6.315	6.590	6.884	12.198	7.551	7.934	8.414	8.865
−20								8.610	9.012	9.473	9.993	10.56	11.17
−25										11.56	12.16	12.90	13.71
−30												14.81	15.89

续表

温度/℃	密度/(kg/m³)												
	1260	1270	1280	1286	1290	1300	1310	1320	1330	1340	1350	1360	1370
0	4.805	5.119	5.492	5.688	5.884	6.335	6.825	7.384	8.012	8.649	9.316	10.08	10.91
－10	7.522	8.022	8.630	9.042	9.326	10.05	10.86	11.73	12.72	13.81	15.18		
－15	9.444	10.08	10.79	11.20	11.62	12.59	13.74	15.04	16.50	18.12			
－20	11.85	12.69	13.79	14.39	14.96	16.18	17.62	19.18	20.99				
－25	14.71	15.94	17.52	18.34	19.10	21.08	22.95	24.91					
－30	112.16	17.85	21.28	22.56	23.83	26.58	30.69						

(2) 浓度为变量　　　　单位：mPa·s

浓度(质量分数)/%	温度/℃				浓度(质量分数)/%	温度/℃					
	－10	0	10	20		－30	－20	－10	0	10	20
5		1.93	1.41	1.10	25		10.1	6.3	4.03	3.05	2.54
10		2.17	1.58	1.27	30	22.0	14.7	9.1	5.8	4.4	3.6
15	4.1	2.58	1.87	1.52	35			14.2	8.9	6.6	5.1
20	4.9	3.14	3.32	1.89							

表 10.1.20　氯化铵水溶液的黏度　　　　单位：mPa·s

浓度(质量分数)/%	温度/℃			
	0	10	30	75
5.08	1678.9	1255.4	806.7	398.8
9.66	1601.3	1255.8	809.4	414.9
13.83	1511.6	1202.9	811.6	428.0
17.62	1511.9	1202.2	827.4	455.5
21.10	1498.5	1209.3	839.9	454.2

表 10.1.21　其他氯化物水溶液的黏度　　　　单位：μPa·s

(1)

名称	浓度/(mol/L)				
	0.0625	0.125	0.25	0.5	1.0
$BaCl_2$	1031	1047	1080	1153	1316
$CaCl_2$		1050	1084	1166	1332
KCl	1014	1014	1014	1012	1010
$MgCl_2$		1053	1092	1178	1350
NaCl	1020	1026	1038	1062	1122
$SrCl_2$		1048	1083	1163	1330

(2)

温度/℃	80	90	100	120	140	160	180	200
$SbCl_3$黏度	24.13	21.96	19.30	14.63	12.34	10.80	9.55	8.63

表 10.1.22 氯化物及其水溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

名称	浓度/(mol/L)				名称	浓度/(mol/L)			
	1.0	0.5	0.25	0.125		1.0	0.5	0.25	0.125
$BaCl_2$	1.1228	1.0572	1.0263	1.0128	LiCl	1.1423	1.0665	1.0314	1.0116
$CaCl_2$	1.1563	1.0764	1.0362	1.0172	$MgCl_2$	1.2015	1.0940	1.0445	1.0206
$CdCl_2$	1.1342	1.0631	1.0310	1.0202	$MnCl_2$	1.2089	1.0982	1.0481	1.0230
$CoCl_2$	1.2041	1.0975	1.0482	1.0232	NaCl	1.0973	1.0471	1.0239	1.0126
CsCl	0.9775				$NiCl_2$	1.2055	1.0968	1.0443	1.0210
$CuCl_2$	1.2050	1.0977	1.0470	1.0268	NH_4Cl	0.9884	0.9976	0.9990	0.9999
$FeCl_3$	1.2816	1.1334	1.0602	1.0302	RbCl	0.9846			
$HgCl_2$	1.0460		1.0116	1.0042	$SrCl_2$	1.1411	1.0674	1.0338	1.0141
KCl	0.9872	0.9874	0.9903	0.9928	$ZnCl_2$	1.1890	1.0959	1.0526	1.0238

10.1.3 表面张力

表 10.1.23 氯化物的表面张力

（1） 单位：mN/m

名称	温度/℃													
	0	10	20	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$AlCl_3$								9.12	5.60	2.08	1.38^{310}			
$BiCl_3$									66.4^{270}		52.2^{380}			
CCl_4	28.8	28.0	26.8	23.1	20.2	17.3	12.0	6.5						
$CCl_4$①			45.0											
PCl_3	29.3				21.9									
$SbCl_3$					49.6	46.7	41.2	38.0^{180}						
$SnCl_2$										99.0	94.0	88.0	84.0	81.0^{480}
$TiCl_4$		35.61	31.72	29.62	26.65									

① 界面为水，其余界面为空气。

（2） 单位：mN/m

名称	温度/℃													
	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
AgCl	178.5	176.0	173.5	171.0	168.5	166.0								
$BaCl_2$											165^{970}	160^{1010}		
$CaCl_2$							148^{770}			137^{920}				
$CdCl_2$			84.5	84.0	83.2	82.2	80.9	79.4	77.6	75.6	74.7^{920}			
CsCl					89^{660}	87		80		72		64		
KCl							102	98.6	95.0	91.2	87.3	85.7^{970}		
KCl①								95.8	92.1	88.4	84.8	81.2	77.7	74.2
LiCl				128	127	124	123	123	119	114^{870}				
$MgCl_2$						67		66		65				
NaCl								114	110	107	104	99.3	94.3	89.7
$PbCl_2$	144	137	132	126	131									
RbCl							96	91	87	83	78	74		
$SrCl_2$								168	167	166	165	162	160	

① 界面为氮气，其余界面为空气。

（3）　　单位：mN/m

名　称	温　度/℃										
	0	10	20	50	75	100	150	200	250	283.2	K_E①
三氯化氧磷(空气或蒸气)		33.4	32.2	28.5	24.1^{85}						2.2
四氯化碳(空气)		28.0	26.8		20.2						2.21
四氯化碳(蒸气)	29.5	28.2	27.0	23.3	20.3	17.3	11.7	6.5	2.1	0.0	
四氯化碳(水)			45								
三氯化硼			16.7								
氯化亚铜				92^{45}							

① K_E 为 Eötvös 常数。

注：右上角数字为与其相对应的温度。

表 10.1.24　氯化物水溶液的表面张力

（1）物质的量浓度　　单位：mN/m

溶　质	浓　度/(mol/L)													
	0.05	0.1	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	11.2
$BaCl_2$	72.9	73.1	73.5	74.3	75.7	$77.8^{1.7}$								
$CaCl_2$①		72.3	72.7	73.5	75.2	77.0	78.9	80.9	82.9	86.9	90.4	93.7	10.3	10.7
$CdCl_2$				73.6	74.4	75.2	76.0	76.8	77.6	79.2	80.7	$81.6^{5.8}$		
LiCl②				73.6	74.4	75.2	76.0	76.8	77.7	79.5	81.5	83.4	86.3	
$MgCl_2$	72.9	73.1	73.5	74.3	75.8	77.4	79.1	81.0	83.0	$85.7^{3.6}$				
$MnCl_2$①				74.5	76.0	77.5	79.0	80.5	82.0	84.9	$87.2^{4.8}$			
NaCl		72.9	73.6	74.4	74.4	75.1	76.0	76.9	77.6	79.3	80.9	82.6		
NH_4Cl		72.9		73.5	74.1		75.4		76.5	77.6	78.6		$80.4^{6.7}$	
$SrCl_2$	72.9	73.1	73.6	74.4	76.0	77.8	79.5	81.2	$81.6^{2.6}$					

① $CaCl_2$溶液温度为 25℃，$MnCl_2$溶液为 18℃，其余均为 20℃。

② 浓度为 13.0mol/L 和 19.4mol/L 时，其值为 93.5mN/m 和 101mN/m。

（2）质量分数　　单位：mN/m

溶　质	温度/℃	浓度(质量分数)/%												
		0	0.5	1	2	4	6	8	10	12	15	20	25	
BaCl	25							72.67	73.26	73.81	74.55	75.56	76.31	$76.38^{25.6}$
KCl	20	72.9	72.96	73.02	73.16	73.53	73.96	74.36	74.73	75.13	75.83	77.33	$78.75^{24.7}$	
LiCl	25					73.49	74.48	75.37	76.23	712.12	78.25^{14}			
MgCl	20			73.08	73.25	73.81	74.57	75.40	76.40	77.32	78.68	81.34	85.31	
NaCl	20		72.87	73.21	73.69	74.16	74.51	75.10	75.86	76.66	77.68	79.70	82.10	$82.54^{25.9}$
NH_4Cl	10	74.00	74.11	74.22	74.45	74.91	75.40	75.90	76.42	76.97	77.84	79.39	81.11	
NH_4Cl	30	71.02	71.10	71.18	71.36	71.79	72.28	72.83	73.43	74.06	75.04	76.65	78.08	
PbCl	25									74.86^{20}	75.97^{25}	712.16^{30}	78.45^{35}	$79.19^{37.7}$

注：右上角的数字为与其相对应的质量分数。

表 10.1.25　氯化物溶液的表面张力

单位：mN/m

溶 质	界 面	温度/℃	浓度(质量分数)/%							
			1	2	3	4	5	6	7	7.47
$CaCl_2$	乙醇	24	22.61	22.58	22.88	23.33	23.79	24.10	24.11	23.97
LiCl	乙醇	14	23.01	23.14	23.22	23.24	$23.26^{4.62}$			

10.1.4 冰点、熔点和沸点

表 10.1.26 氯化物水溶液的冰点（Ⅰ）

（1）氯化钙水溶液

浓度(质量分数)/%		冰点/℃	浓度(质量分数)/%		冰点/℃	浓度(质量分数)/%		冰点/℃
无水物	二水合物		无水物	二水合物		无水物	二水合物	
2	2.65	−0.88	14	18.55	−9.82	24	31.79	−25.3
4	5.30	−1.82	16	21.20	−12.28	26	34.44	−29.7
6	7.95	−2.93	18	23.84	−15.11	28	37.09	−34.7
8	10.60	−4.28	20	26.49	−18.3	30	39.74	−41.0
10	13.25	−5.86	22	29.14	−21.7	32	42.39	−49.7
12	15.90	−7.70						

（2）氯化镁水溶液

浓度(质量分数)/%		冰点/℃	浓度(质量分数)/%		冰点/℃	浓度(质量分数)/%		冰点/℃
无水物	二水合物		无水物	二水合物		无水物	二水合物	
5	10.68	−3.11	14	29.89	−13.7	23	49.11	−28.9
6	12.81	−3.89	15	32.03	−15.6	24	51.24	−25.6
7	14.95	−4.72	16	34.16	−17.6	25	53.38	−23.3
8	17.08	−5.67	17	36.20	−19.7	26	55.51	−21.1
9	19.22	−6.67	18	38.43	−22.1	27	57.65	−19.4
10	21.35	−7.83	19	40.57	−25.6	28	59.78	−18.3
11	23.49	−9.05	20	42.70	−27.4	29	61.91	−17.2
12	25.62	−10.5	21	44.84	−30.6	30	64.05	−16.7
13	27.76	−12.1	22	46.97	−32.8			

（3）氯化钠水溶液

浓度(质量分数)/%	冰点/℃	浓度(质量分数)/%	冰点/℃	浓度(质量分数)/%	冰点/℃	浓度(质量分数)/%	冰点/℃	浓度(质量分数)/%	冰点/℃
0	0	6	−3.70	12	−8.18	18	−14.05	23.3	−21.13
1	−0.59	7	−4.38	13	−9.04	19	−15.22	24	−17.0
2	−1.19	8	−5.08	14	−9.94	20	−16.46	25	−10.4
3	−1.79	9	−5.81	15	−10.89	21	−17.78	26	−2.3
4	−2.41	10	−6.56	16	−11.89	22	−19.18	26.3	0.0
5	−3.05	11	−7.35	17	−12.94	23	−20.68		

表 10.1.27 氯化物水溶液的冰点（Ⅱ）

名称	密度/(kg/m³)												
	1000	1050	1100	1120	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210	1220
$CaCl_2$	0	3.0	12.1	9.1	11.4	12.7	14.2	15.7	17.4	19.2	21.2	23.3	25.7
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0	3.0	7.5	9.8	12.5	14.0	15.5	112.1	18.7	20.4	22.1	23.8	25.6
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$①			7.8	10.2	12.7	14.2	15.9	17.8	20.0	22.3	24.7	27.2	29.6
$MgCl_2$	0	3.8	9.7	13.1	17.2	19.4	21.8	24.4	27.4	31.1	32.8	30.1	25.6
NaCl	0	4.4	9.8	12.2	15.1	16.6	18.2	20.0	16.3	9.5	1.7	0[1203]	

续表

名　称	密　度/(kg/m³)												
	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1286	1290	1300	1320	1340	1360	1370
$CaCl_2$	28.3	31.2	35.9	38.6	41.8	50.1	55.0	50.9	41.6	26.7	15.1	5.0	0.0
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	27.8	30.0	32.4	34.8	37.5	40.4		43.8	48.2				
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$①			38.0										
$MgCl_2$	22.6	21.2	20.0	18.6	17.5	16.8							

① 含 $CaCl_2$ 75%。

表 10.1.28　氯化钠水溶液的熔点　　单位：℃

浓度/%	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
t_m	0	−1.1	−2.5	−3.9	−5.3	−7.0	−8.8	−10.8	−12.9	−15.2
浓度/%	20	22	23	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	26.3
t_m	−17.8	−20.6	−21.3	−18.7	−15.6	−13.2	−10.8	−7.2	−3.3	0.0

表 10.1.29　氯化物水溶液的沸点和浓度

（1）

溶液名称	相应于下列沸点(℃)的水溶液浓度(质量分数)/%												
	101	102	103	104	105	107	110	115	120	125	140	160	180
$CaCl_2$	5.66	10.31	14.16	17.36	20.00	24.24	29.33	35.63	40.83	45.80	57.89	68.94	75.86
KCl	8.42	14.31	18.96	23.02	26.57	32.62							
$MgCl_2$	4.67	8.42	11.66	14.43	16.59	20.32	24.41	29.48	33.07	36.02	38.61		
NaCl	6.19	11.03	14.67	17.69	20.32	25.09							
NH_4Cl	6.10	11.35	15.96	19.80	22.89	28.37	35.98	46.95					

（2）

溶液名称	相应于下列浓度（g/100g 水)水溶液的沸点/℃						饱　和　溶　液		
	10	25	50	75	100	500	沸点/℃	浓度/(g/100g 水)	固相组成
$BaCl_2$		102.0	104.0						
$BaCl_2$		101.5	103.2						
$CaCl_2$		105.0	113.0	122.0	129.7		178.0	305.0	$CaCl_2$
KCl	101.1	103.3	107.7				108.5	57.4	KCl
LiCl	103.0	109.5	125.0	140.9	152.0		168.6	151.0	LiCl
$LiCl \cdot 2H_2O$	101.5	103.9	108.0	112.2	116.3				
$MgCl_2$	102.2	106.5	120.4				130.0	62.9	
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	100.9	102.3	104.6	106.6	109.1				
NaCl	101.6	104.6					108.8	40.7	NaCl
NH_4Cl	101.5	104.0	109.9	113.1			114.8	812.1	NH_4Cl
$SrCl_2$		102.5	106.0	110.7	115.1				
$SrCl_2 \cdot 6H_2O$		101.3	102.5	103.7	104.9	114.6			

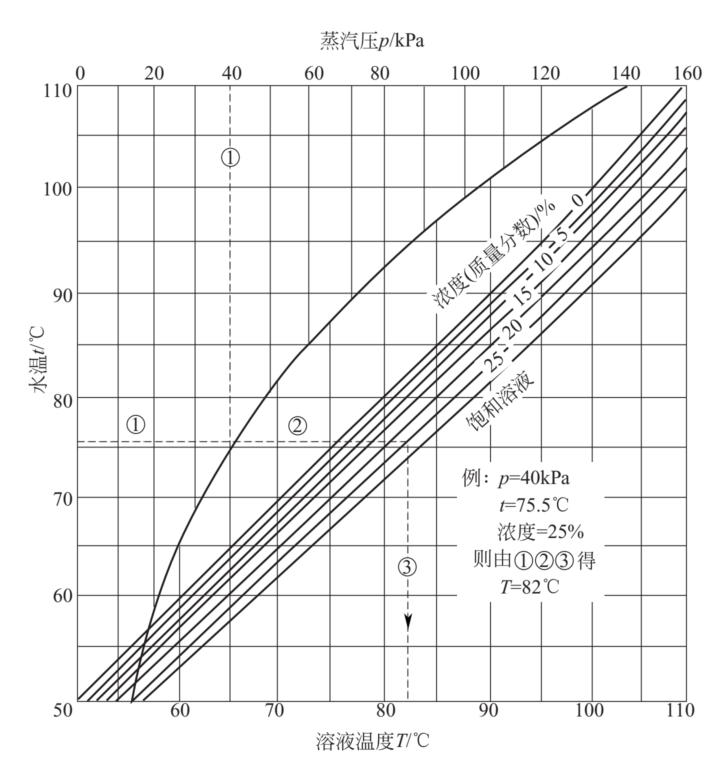


图 10.2 氯化钠溶液的沸点

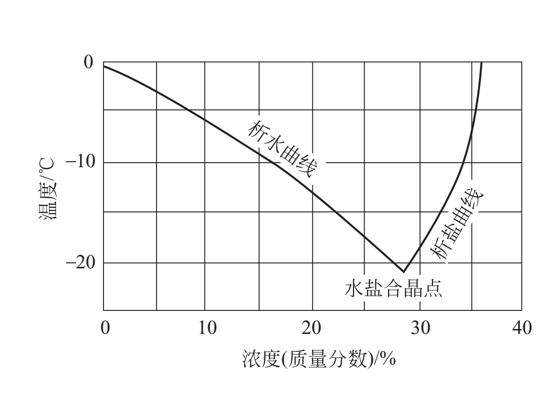


图 10.3 氯化钠水溶液结晶曲线

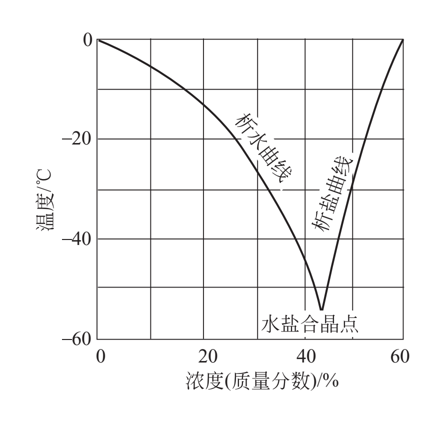


图 10.4 氯化钙水溶液结晶曲线

表 10.1.30 四氯化碳共沸物的共沸点

（1）二元共沸物

共沸物组成(质量分数)/%			共沸点
第一组分	第二组分		/℃
四氯化碳（余量）	甲醇	20.6	55.7
	乙醇	15.8	65.1
	丙醇	11.5	73.1
	异丙醇	18.0	69.0
	甲酸	18.5	18.5
	乙酸	3.0	3.0
	丁醇	2.5	76.6

（2）三元共沸物

共沸物组成(质量分数)/%					共沸点
第一组分	第二组分		第三组分		/℃
四氯化碳（余量）	水	4.3	乙醇	9.7	61.8
	水	5.0	丙醇	11.0	65.4
	水	3.1	叔丁醇	11.9	64.7
	水	5.0	丙烯醇	11.0	65.2

10.1.5　溶　解　度

表 10.1.31　氯化物在水中的溶解度

分子式	名　称	在下列温度(℃)时无水氯化物在 100g 水中的最大溶解(质量)/g													
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
AgCl	氯化银		0.09mg	0.32mg				0.52mg					2.1mg		
$AlCl_3$	氯化铝	44.9	46.3		45.1	47.0			46.5						
$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化铝·6 水	43.8	44.9	45.9		46.6	47.3		48.1		48.6		49.0		
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化钡·2 水	31.6	33.3	35.7		38.2	40.7	43.6	46.4	49.4	52.4		58.6		
$BeCl_2$	氯化铍	67.6		72.8	77.0										
$CaCl_2$	氯化钙	59.5	65.0	74.5		100	116		137		147		158	205	
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化钙·2 水								137	142	147	153	159		
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化钙·6 水	59.5	65.0	74.5		102									
$CdCl_2$	氯化镉	89.8	101	114	121	128	135		136		140		147		264
$CdCl_2 \cdot H_2O$	氯化镉·1 水		135	134			135		136		140		147		
$CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$	氯化镉·2.5 水	90	123			132									
$CdCl_2 \cdot 4H_2O$	氯化镉·4 水	97.6	125												
$CoCl_2$	氯化钴	43.5	47.7	52.9	56.2	59.7	69.5		93.8		97.6		106		
$CoCl_2 \cdot H_2O$	氯化钴·1 水						69.5	88.7	90.5		98.0		104		
$CoCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化钴·2 水							88.7	93.8	95.3	97.6	101	106		
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化钴·6 水	43.5	47.7	52.9		59.7	69.5								
CsCl	氯化铯	161	175	186		197	208	218	230	231	250	260	270		
Cs_2PtCl_6	六氯铂化二铯	4.7mg	6.4mg	8.6mg		11.9mg	15.8mg	21.2mg	29.0mg	38.9mg	52.5mg	67.5mg	91.5mg		
$CuCl_2$	氯化铜	69.2	71.5	74.5	76.4	78.3	81.8	85.5	89.4		98.0		110		
$CuCl_2$①	氯化铜	41.4	42.5	43.5		44.6	45.6	46.7	47.7		49.8		51.9		
$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化铜·2	67.7	70.8	73.7		77.3	80.8	84.2	87.6	92.3	96.1	104	110		
$CuCl_2 \cdot 4H_2O$	氯化铜·4	68.6	70.9												
$FeCl_2$	氯化亚铁	49.7	62.6				68.6		78.3				94.2		
$FeCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化亚铁·2 水											105	106		
$FeCl_2 \cdot 4H_2O$	氯化亚铁·4 水		64.5			73.0	77.3	82.5	88.7		100				
$FeCl_2 \cdot 4H_2O$①	氯化亚铁·4 水		39.2			42.2	43.6	45.2	47.0		50				
$FeCl_3$	氯化铁	74.4	81.8	86.9	99.0	167	295	315	373		526		536		
$FeCl_3 \cdot 2H_2O$	氯化铁·2 水							315							
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	氯化铁·6 水	74.4	81.8	91.9		107		315			526		536		
HgCl	氯化亚汞	0.14mg		0.20mg			0.70mg								
$HgCl_2$	氯化汞	4.66	5.43	6.59	7.30	8.14	10.2	13.2	17.4		30.9		58.3		
$HgCl_2$①	氯化汞	3.5	4.6	6.1		7.7	9.3		14.0		23.1		38.0		
InCl	三氯化铟	164		190		240	285		305		374				
$KAuCl_4 \cdot 2H_2O$	四氯化钾金·2水		38.3	61.8		94.9	145	233	405						
KCl	氯化钾	28.0	31.2	34.4	36.0	37.4	40.3	42.8	45.8	48.1	51.1	54.0	56.0	68.0	81.5
K_2PtCl_6	六氯化铂二钾	0.74	0.90	1.12		1.41	1.76	2.17	2.64	3.19	3.79	4.45	5.18		
$LaCl_3$	氯化镧	92.8	94.0		97.2			108				170^{92}			
LiCl	氯化锂	68.3	74.5	83.2	84.5	85.9	89.4		98.8		112		129	134^{125}	140^{150}
$MgCl_2$	氯化镁	34.6	34.9	35.3	35.4	35.8	36.5		37.9		39.8		42.2		
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化镁·6 水	52.9	53.8	54.8	55.5	56.0	58.0		61.3		65.8		73.0	95.3	135
$MnCl_2$	二氯化锰	63.4	68.1	73.9	77.2	80.7	88.6	98.2	109		113		115	120^{140}	

续表

分子式	名　称	在下列温度(℃)时无水氯化物在 100g 水中的最大溶解(质量)/g													
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
$MnCl_2 \cdot 2H_2O$	二氯化锰·2 水								109	111	113	114	115		
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	二氯化锰·4 水	63.4	68.1	73.9		80.7	88.6	98.2							
NaCl	氯化钠	35.7	35.8	36.0		36.3	36.6	37.0	37.3	37.8	38.4	39.0	39.8		
NH_4Cl②	氯化铵	29.4	33.3	37.2	39.8	41.4	45.8	50.4	55.2	60.2	65.6	71.3	77.3	87.3^{116}	
$(NH_4)_2CuCl_4 \cdot 2H_2O$	氯化铜铵·2 水	28.2		35.1			43.8		56.6		76.6				
$(NH_4)_2PtCl_6$	氯化铂铵		0.7										125		
$NiCl_2$	氯化镍	53.4	62.8	64.2	65.6	67.3	71.4	76.0	80.6	84.6	87.5	88.6	87.6		
$NiCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化镍·2 水										86.9		88.0		
$NiCl_2 \cdot 4H_2O$	氯化镍·4 水						72.5		80.5						
$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化镍·6 水	53.9	59.5	64.2	66.6	68.9	73.3	78.3	82.2	85.2	87.3	88.2	87.6		
$PbCl_2$	氯化铅	0.67		0.98	1.08	1.19	1.46	1.78	2.02	2.30	2.62		3.25		
$PtCl_4$	四氯化铂	66.6			142		166		285		367		571^{98}		
RbCl	氯化铷	77.0	84.4	91.1	94.2	97.6	104	109	116	121	127	133	139		
Rb_2PtCl_6	六氯化铂二铷	13.7mg	20.2mg	28.2mg		39.7mg	56.5mg		99.7mg		182mg		334mg		
$SbCl_3$	三氯化锑	602	816^{15}	932	988	1068	1368	1917	4531	∞^{72}					
$SrCl_2$	氯化锶	44.3		53.1	55.5	58.7	65.8		84.8		93.1		102		
$SrCl_2 \cdot 2H_2O$	氯化锶·2 水									85.9	90.5		101		
$SrCl_2 \cdot 6H_2O$	氯化锶·6 水	43.5	47.7	52.9		58.7	65.3	72.4	81.8						
TlCl	一氯化铊	0.16	0.32		0.38			0.78			1.60		2.38		
$ZnCl_2$	氯化锌						81.9		83		84.4		86.0		
$ZnCl_2 \cdot 2.5H_2O$	氯化锌·2.5 水		73.1	78.6											
$ZnCl_2 \cdot 3H_2O$	氯化锌·3 水	208													
$ZroCl_2 \cdot 8H_2O$	二氯氧化锆·8水	54		60			65		85	155					

① 表示 100mL 饱和溶液中所含的该物质的质量（g）。

② 温度为−16℃、−12℃、−8℃、−4℃时，其值为 10.0g、18.4g、22.9g、25.8g。

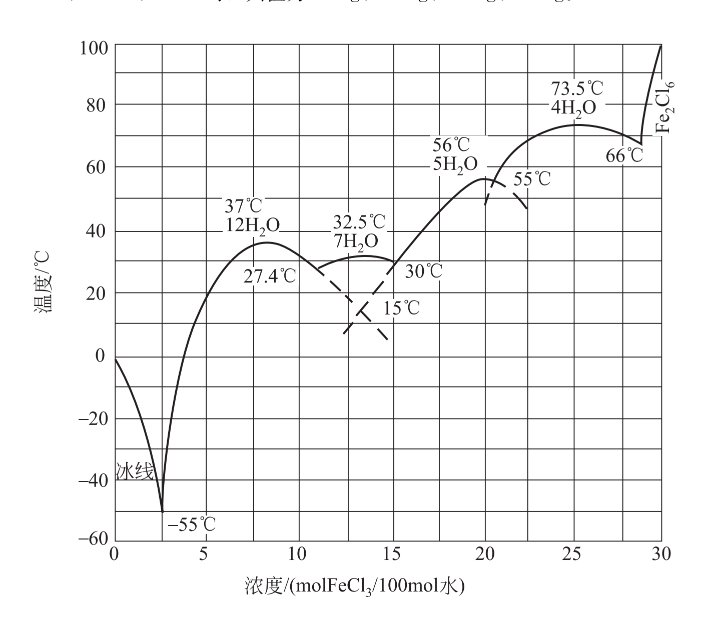


图 10.5　无水三氯化铁在水中的溶解度

表 10.1.32　NaCl 在 NH_3 水溶液中的溶解度

温度/℃	液相(质量分数)/%		液相(滴度)		液相/(g/1000g 水)		液相(摩尔比)	
	NaCl	NH_3	NaCl	NH_3	NaCl	NH_3	NH_3	H_2O
20	26.40	0		0		0	0	
	26.25	0.32	107.4	4.52	357.5	4.37	0.02975	8.711
	26.14	0.64	106.6	9.05	3512.1	8.81	0.07820	8.376
	25.93	1.21	105.5	13.16	354.7	12.86	0.1109	8.135
	28.85	1.25	104.8	17.48	354.6	17.20	0.1429	7.842
	25.67	1.57	103.8	21.79	352.8	21.53	0.1735	7.602
	25.46	1.97	102.6	27.32	350.8	212.16	0.2103	7.304
	25.32	2.20	101.8	30.43	349.4	30.38	0.2301	12.149
	25.27	2.53	101.4	34.95	350.0	35.08	0.2563	6.895
	25.08	2.92	100.2	41.06	348.6	41.54	0.2907	6.603
	25.00	3.19	99.72	43.79	348.1	44.45	0.3051	6.478
	24.79	3.57	98.70	48.83	345.9	49.76	0.3310	6.275
	24.64	4.06	97.80	52.63	344.7	53.94	0.3499	6.121
	24.63	4.20	97.59	56.33	345.8	58.10	0.3660	5.945
	24.41	4.52	96.19	61.27	343.4	63.61	0.3891	5.773
	24.40	4.80	95.99	64.98	344.6	67.83	0.4037	5.615
	24.14	5.15	94.80	69.49	341.3	72.76	0.4230	5.485
	24.02	5.58	94.19	75.25	341.2	79.28	0.4441	5.286
	23.95	5.88	93.59	78.95	341.4	83.75	0.4576	5.156
	23.76	6.20	92.58	83.06	339.2	88.49	0.4729	5.042
	23.67	6.52	91.98	812.17	339.0	94.43	0.4866	4.914
	23.56	6.82	91.38	91.70	338.6	98.79	0.5008	4.784
	23.46	7.00	90.94	93.29	337.5	100.7	0.5064	4.747
	23.40	7.26	90.60	96.63	337.3	104.6	0.5161	4.654
	23.28	7.59	89.93	100.8	336.8	109.7	0.5284	4.543
30	26.50	0		0	360.5	0	0	9.000
	25.00	2.52	109.7	34.74	344.9	34.77	0.2405	6.327
	25.09	3.49	99.94	47.82	351.3	51.76	0.3236	6.234
	24.97	4.07	99.00	56.60	352.0	57.38	0.3622	5.866
	24.93	5.09	97.9	71.50	357.3	75.82	0.4221	5.263
	24.85	6.32	96.86	84.78	361.1	91.83	0.467	4.84
	24.84	6.38	95.88	85.54	361.2	97.76	0.472	4.82
	24.56	7.24	94.82	96.30	360.1	106.2	0.504	4.40
	24.15	8.70	92.24	114.7	359.7	129.6	0.552	4.03

表 10.1.33　氯化物在有机溶剂中的溶解度[1]

分子式	名　称	甲 醇	乙 醇	丙 酮	吡 啶	甘 油	乙 醚	乙二醇	液 氨	其 他 溶 剂
		每 100g 溶剂中的溶解(质量)/g								
AgCl	氯化银	0.006	0.0015	0.0013	1.87				0.28^{0}	
$AlCl_3$	氯化铝		100^{12}				苯 0.02	氯仿 0.05		CCl_4 0.01
$BaCl_2$	氯化钡	2.2	②			9.8				
$BiCl_3$	氯化铋			18.0						乙酸乙酯 1.8
$CaCl_2$	氯化钙	29.2	25.8	0.01	1.69			异戊醇 7.0		
$CdCl_2$	氯化镉	2.7	1.5		0.70					
$CeCl_3$	氯化铈				1.55					
$CoCl_2$	氯化钴	38.5	54.5	2.8	0.6		0.02			
$CuCl_2$	氯化铜	36.5	35.7	2.96	0.34		0.11			异戊醇 12.0

续表

分子式	名称	甲醇	乙醇	丙酮	吡啶	甘油	乙醚	乙二醇	液氨	其他溶剂
		每100g溶剂中的溶解(质量)/g								
$FeCl_3$	氯化铁	150	145	62.9						
Hg_2Cl_2	氯化亚汞	88.7	41							
$HgCl_2$	氯化汞	58.4	32	141	19.8	34.4	7.0			吡啶 25.2^{20}
KCl	氯化钾	0.54^{25}	0.034	8.7×10^{-5}		6.7^{25}				丙醇 0.006
LiCl	氯化锂	30.4	19.8	1.2^{20}	7.8^{15}	11.0			0.54^{-34}	丙酮 0.6^{50}
$MgCl_2$	氯化镁	13.8	5.3		1.28^{0}					吡啶 1.06^{25}
$MnCl_2$	氯化锰				1.3					
NaCl	氯化钠	1.31^{25}	0.065^{25}	30		8.2^{25}		46.5	12.9^{0}	
NH_4Cl	氯化铵	3.3	0.6	9.0						
$NiCl_2$	氯化镍		10					18		
$NiCl_2\cdot6H_2O$	氯化镍·6		53.7							
$PbCl_2$	氯化铅				0.5	2.0				
RbCl	氯化铷		0.078^{25}	0.0002^{18}					0.29^{0}	
$SbCl_3$	氯化锑			538						苯 42
$SnCl_2$	氯化锡			56						乙酸乙酯 4.4
$SrCl_2$	氯化锶	38.8^{6}	3.64^{6}							
$SrCl_2\cdot6H_2O$	氯化锶·6	63.3								
$ZnCl_2$	氯化锌		100^{12}	43.3^{18}	2.6^{20}	50				

① 右上角数字为与其相应的温度，未注明时则为18～25℃。

② 温度为0℃、10℃、20℃、25℃、30℃、40℃、60℃、80℃、90℃时，其值分别为23.8g、25.0g、26.3g、27.1g、27.1g、28.9g、31.6g、34.3g、35.7g。

表 10.1.34 氯化钙在盐酸中的溶解度 单位：g/100mL

盐酸浓度(质量分数)/%	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
溶解度	51.45	49.83	46.29	42.51	39.62	37.44	35.35	32.80	29.60	26.64
盐酸浓度(质量分数)/%	20	22	24	26	28	30	32	34	34.62	
溶解度	23.80	21.32	19.08	16.80	14.80	13.16	11.98	11.35	11.29	

表 10.1.35 氯化铵在乙醇水溶液中的溶解度 单位：g/100g溶剂

乙醇浓度(质量分数)/%	20	40	60	80	90	100
S	32.8	18.3	11.7	4.8	2.3	0.6

表 10.1.36 氯化钴在其他溶剂中的溶解度

溶质	溶剂	溶质和溶剂的摩尔比	溶解度	温度/℃							
				0	10	20	30	40	50	60	80
$CoCl_2$	丙酮	1∶1	*S*	4.47	3.32						
$CoCl_2$	乙醇	1∶3	*S′*	31.0	32.8	35.2	38.5				
$CoCl_2$	乙醇	1∶1	*S′*					40.3	39.5	40.0	44.8
$CoCl_2$	吡啶	1∶6	*S′*	0.43							
$CoCl_2$	甲醇	1∶3	*S′*			27.9	32.8				

注：*S*代表100g溶剂中溶解溶质的质量（g）。*S′*代表100g饱和溶液中含溶质的质量（g）。

表 10.1.37　氯化钙在有机溶剂中的溶解度

溶剂	SP	溶解度	温度/℃					
			0	20	40	60	80	100
丙酮	1∶2	$S\times10^8$	6.2	10.1	17.3	—	—	—
乙醇	1∶3	S'	15.0	19.6	25.2	31.2	(37.3)	[97.5]
丁醇	1∶3	S'	14.0	20.5	24.0	25.9	—	—
丙醇	1∶3	S'	8.6	13.6	19.7	24.9	—	—
甲醇	1∶4	S'	17.9	22.6	27.9	(55)	32.4	—
甲醇	1∶3	S'			(55)	(32.8)	(34.1)	(36.0)

注：SP 代表溶液平衡时溶质与溶剂的摩尔比；S 代表 100g 溶剂溶解溶质的最大质量（g）；S' 代表 100g 饱和溶液中含溶质的质量（g）；（　）代表在固相转移点下的溶解度值；[　] 代表在熔点下的溶解度值。

表 10.1.38　四氯化钛和萘的互溶度

项　目	温度/℃												
	−33	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$TiCl_4$(摩尔分数)/%	100	99.9	98.4	94.7	89.8	74.3	78.5	72.1	65.2	55.8	43.6	212.1	0
萘(摩尔分数)/%	0	0.1	1.6	5.3	10.2	15.7	21.5	27.9	34.8	44.2	56.4	72.9	100

注：1. $TiCl_4$ 在 SeO_2 中的溶解度：25℃时，$TiCl_4$ 0.75%，TiO_2 99.25%。

2. $TiCl_4$ 在 SO_2 中的溶解度：−35℃时，$TiCl_4$ 85.6%，TiO_2 14.4%。

表 10.1.39　氯化锰和氯化钾的互溶度

温度/℃	互溶度(摩尔分数)/%		温度/℃	互溶度(摩尔分数)/%		温度/℃	互溶度(摩尔分数)/%	
	$MnCl_2$	KCl		$MnCl_2$	KCl		$MnCl_2$	KCl
774	0	100	462	41	59	474	66	34
652	15	85	478	44	56	492	68	32
602	20	80	488	46	54	506	70	30
532	25	75	492	48	52	542	75	25
482	29	71	496	50	50	568	80	20
442	31	69	400	52	48	592	85	15
432	32.5	67.5	488	54	46	610	90	10
428	34	66	486	56	44	622	92	8
432	35	65	478	58	42	634	94	6
436	37	63	474	60	40	638	96	4
442	38	62	462	62	38	648	98	2
458	40	60	449	64	36	650	100	0

10.1.6　蒸　气　压

表 10.1.40　氯化物的蒸气压（Ⅰ）

名　称	分子式	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
二氯化钴	$CoCl_2$								790	819	877	943	1004	1050	735
二氯化锡	$SnCl_2$	309	328	349	368	380	407	436	461	478	514	557	595	623	246.8
二氯化二硫	S_2Cl_2	−10.7	−2.1	7.8	16.4	22.4	34.3	44.7	59.7	68.0	84.9	105.8	124.8	138.0	−80
二氯化镍	$NiCl_2$	662	685	711	733	746	776	806	833	851	886	926	961	987	1001
二氯化硫	SCl_2	−67	−58	−49	−42	−37	−26	−14	−3	4	17				
三氯化铋	$BiCl_3$				244	255	277	300	319	332	359	391	420	441	230

续表

名　称	分子式	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
三氯化砷	$AsCl_3$	−14.7	−6.1	3.8	12.4	18.4	30.3	43.6	55.3	63.5	80.6	100.7	118.3	130.4	−18
三氯化锑	$SbCl_3$	46.0	54.3	63.8	72.3	79.3	93.7	110.1	124.3	134.4	155.5	180.8	203.4	219.0	73.4
三氯化硼	BCl_3	−93.6	−87.9	−81.0	−74.7	−70.5	−62.1	−52.6	−43.9	−37.9	−25.5	−10.4	3.1	12.7	−107
三氯化氧钒	$VoCl_3$	−26.6	−17.8	−7.8	0.9	7.0	20.1	33.8	46.1	54.9	72.9	94.1	113.4	127.9	
三氯化磷	PCl_3	−54.4	−47.0	−38.5	−30.9	−25.7	−15.3	−3.5	12.1	14.4	29.7	48.4	64.0	74.2	−111.8
四氯化钒	VCl_4	−13	−3	8	18	25	39	55	68	77	95				
四氯化钛	$TiCl_4$	−17.3	−8.5	1.4	10.1	16.2	28.4	41.9	54.3	63.2	81.4	103.0	122.4	136.0	−30
四氯化锆	$ZnCl_4$	186.0	196.3	207.8	217.8	224.4	2312.1	251.8	264.5	272.3	287.4	304	320	331	437
四氯化锗	$GeCl_4$	−47.8	−40.4	−31.9	−24.3	−19.3	−9.1	2.4	13.0	20.6	36.4	55.2	72.2	84.0	−49.5
四氯化锡	$SnCl_4$	−25.8	−17.7	−8.5	−0.3	5.2	16.5	29.1	40.3	47.9	63.8	83.3	100.8	113.0	−30.2
四氯化硅	$SiCl_4$	−66.0	−59.0	−50.8	−43.5	−38.6	−28.8	−17.6	−7.7	−0.8	13.5	30.7	46.0	56.8	−68.6
四氯化硒	$SeCl_4$	70.8	79.1	88.6	97.0	102.6	113.2	124.5	134.8	141.5	154.4	169.5	182.6	191.5	
四氯化碲	$TeCl_4$					222	244.2	264.1	281.9	293.9	318	347	373	392	224
五氯化钽	$TaCl_5$	114	123	131	140	145	157	169	179	185	199				
五氯化锑	$SbCl_5$	18.9	28.7	39.8	49.4	56.1	69.5	84.1	97.2	106.2					2.8
五氯化磷	PCl_5	53.0	59.7	67.5	74.6	79.2	88.1	97.8	105.9	111.6	124.4	140.1	153.3	162.0	
五氯化铌	$NbCl_5$					139	150	162	173	180	195				
六氯化二铁	Fe_2Cl_6	189.8	200.5	212.4	222.7	229.6	241.1	251.7	260.9	267.0	278.8	292.1	307	319	304
六氯化二铝	Al_2Cl_6	97.9	103.6	110.6	116.8	120.5	128.0	135.9	143.1	147.8	156.7	167.0	175.0	180.2	192.4
六氯化二硅	Si_2Cl_6	0.6	9.4	19.4	28.1	33.9	45.7	59.0	70.6	78.4	93.6	112.0	128.2	139.0	−1.2
八氯代丙硅烷	Si_2Cl_8	42.0	53.0	65.1	75.6	83.0	97.5	113.7	128.0	137.6	156.8	179.3	198.6	211.4	
氯化汞	$HgCl_2$	131.7	143.2	155.9	166.9	174.1	188.8	250.0	218.5	228.2	247.4	2612.1	287.4	304	277
氯化钠	$NaCl$	849	890	933	970	995	1049	1105	1156	1191	1262	1343	1413	1465	800
氯化亚铁	$FeCl_2$						721	760	796	821	872	933	987	1026	
氯化氰	$CClN$	−78.6	−73.3	−66.9	−61.0	−57.2	−49.8	−41.7	−34.4	−29.5	−19.6	−7.7	−4.0	13.1	−6.5
氯化铅	$PbCl_2$	537	563	592	617	633	669	706	741	764	811	867	917	954	501
氯化钾	KCl	805	845	887	922	947	998	1052	1102	1136	1206	1286	1356	1407	790
氯化铍	$BeCl_2$	286.4	299.3	315	329	338	357	374	391	401	423	449	470	487	405
氯化铊	$TlCl$				489	504	536	571	604	626	672	724	771	807	430
氯化银	$AgCl$	895	938	984	1023	1050	1109	1171	1228	1266	1343	1429	1506	1564	455
氯化亚铜	Cu_2Cl_2	530	570	612	649	677	739	806	870	918	1026	1176	1349	1490	422
氯化锌	$ZnCl_2$	421	440	463	483	496	524	552	578	595	630	670	705	732	365
氯化铵	NH_4Cl	155.2	168.3	182.6	194.8	203.0	218.8	236.6	252.0	262.4	283.2	306	325	338	520
氯化铷	$RbCl$	777	815	856	890	915	968	1021	1071	1105	1174	1256	1329	1381	715
氯化铯	$CsCl$	729	766	806	840	864	913	964	1011	1043	1108	1183	1250	1300	646
氯化锰	$MnCl_2$				739	760	805	855	901	933	998	1073	1141	1190	650
氯化锂	$LiCl$	768	806	848	883	909	964	1019	1069	1101	1170	1252	1327	1382	614
氯化镁	$MgCl_2$	762	802	844	881	907	963	1022	1074	1111	1187	1276	1357	1418	712
氯化镉	$CdCl_2$	550	574	602	620	639	678	717	753	777	824	881	931	967	568
氯化磷	PH_4Cl	−92.2	−88.6	−83.8	−79.3	−76.5	−71.0	−64.8	−59.2	−55.5	−48.3	−39.5	−32.0	−27.0	−28.5

续表

名　称	分子式	101.3	200	400	700	1000	1500	2000	临 界 值	
		相应于上述蒸气压(kPa)的温度/℃							t_c/℃	p_c/MPa
三氯化硼	BCl_3	12.7	33.2	57.5	80.3	96.1	118.6	134.7	178.8	3.87
四氯化锡	$SnCl_4$	113.0	141.2	173.2	202.4	222.3	249.6	269.1	318.7	3.75

表 10.1.41　氯化物的蒸气压（Ⅱ）

分子式	名　称	相应于下述蒸气压(Pa)的温度/℃													
		10	20	40	70	100	200	400	700	1000	2000	4000	7000	10000	20000
AgCl	氯化银	776	810	842	870	894	935	980	1025	1050	1110	1170	1223	1262	1340
$AlCl_3$	氯化铝					97	102	110	116	120	128	138	146	152	164
$CoCl_2$	氯化钴					650	675	700	725	742	775	810	843	863	903
$CrCl_2$	二氯化铬					825	860	897	930	950	992	1040	1080	1103	1155
$CrCl_2$	二氯化铬					675	697	720	740	750	775	803	826	840	870
$FeCl_2$	氯化亚铁									665	705	746	782	805	857
$FeCl_3$	氯化铁					201	208	215	222	227	237	248	257	265	279
$GaCl_3$	氯化镓					40	60	84	106	120	152				
$GeCl_4$	四氯化锗					−56	−26	−5	6	11	18	24	26	27	28
$HgCl_2$	氯化汞	95	105	115	124	130	142	155	166	174	190	205	218	228	247
Hg_2Cl_2	氯化亚汞	158	166	177	186	193	206	220	232	240	257	275	289	300	320
ICl	一氯化碘									4	13	23	33	41	57
$InCl_3$	三氯化铟					329	342	356	368	376	391	407	421	430	450
LiCl	氯化锂	665	690	720	750	770	810	855	890	920	970	1025	1075	1105	1165
$MnCl_2$	二氯化锰					716	746	778	805	825	868	916	960	990	1055
NaCl	氯化钠	740	768	800	827	848	885	930	970	995	1050	1110	1160	1190	1255
$NiCl_2$	氯化镍	610	632	646	671	682	705	728	746	758	783	812	838	843	885
$PbCl_2$	氯化铅	465	490	512	530	540	565	595	620	640	670	710	742	765	810
RbCl	氯化铷	654	686	716	744	760	800	842	878	900	950	1005	1052	1086	1156
$SbCl_3$	三氯化锑	14	22	29	36	41	51	63	73	79	95	111	125	135	154
$SnCl_2$	二氯化锡	250	267	285	300	310	332	355	375	389	415	447	463	490	531
$ThCl_4$	四氯化钍									690	708	730	752	768	800
TlCl	一氯化铊	350	366	387	400	412	426	463	488	502	535	572	604	626	671
UCl_3	三氯化铀					1005	1050	1102	1146	1177	1238				
UCl_4	四氯化铀					503	524	544	560	570	588	609	630	635	657
UCl_5	五氯化铀					258	269	281	293	301	318				
UCl_6	六氯化铀					100	110	121	130	137	150				
WCl_5	五氯化钨					108	122	134	146	154	170	185	200	209	227
WCl_6	六氯化钨					149	160	173	183	191	207	224	238	248	270

表 10.1.42　氯化钠水溶液的蒸气压

单位：kPa

温　度 /℃	氯化钠的浓度(质量分数)/%						
	0	5	10	15	20	25	饱和溶液
0	0.613	0.587	0.573	0.547	0.507	0.467	
10	1.267	1.200	1.133	1.067	1.000	0.933	0.933
20	2.400	2.266	2.133	2.066	2.000	1.867	1.867
30	4.266	4.133	4.000	3.733	3.600	3.333	3.333
40	7.333	12.199	6.933	6.666	6.266	5.733	5.600
50	12.40	12.00	11.47	11.07	10.40	9.599	9.466
60	20.00	19.33	18.67	17.87	16.80	15.60	15.07
70	31.20	30.13	29.06	27.86	26.40	24.40	23.33
80	47.33	45.86	44.26	42.4	40.13	37.20	35.46
90	7013	67.86	65.46	62.66	59.33	55.20	52.26
100	101.3	98.12	94.66	90.66	85.73	79.86	75.33
110	143.3	138.7	133.7	128.1	121.3	113.2	75.46

表 10.1.43 无水三氯化铁的蒸气压 单位：kPa

温度/℃	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
p	1.216	1.352	1.925	7.636	21.08	65.90	101.5	127.0	172.1	238.4
温度/℃	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
p	320.6	370.8	426.4	4812.1	552.4	621.1	692.0	763.7	834.5	902.4

表 10.1.44 三氯化硼的蒸气压 单位：kPa

温度/℃	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60
p	0.1	0.4	2.2	8.0	23.8	60	122	240	425

温度/℃	80	100	120	130	140	150	160
p	680	1040	1520	1820	2160	2720	4000

表 10.1.45 三氯化锑的蒸气压 单位：kPa

温度/℃	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220
p	1.633	2.693	2.850	4.292	7.286	12.66	25.10	40.34	64.81	100.6

表 10.1.46 氯化钙的蒸气压 单位：kPa

温度/℃	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740	760
p	0.01	0.03	0.06	0.11	0.20	0.32	0.52	0.86	1.27	1.73	2.43	3.50	4.82	6.74	8.75

10.1.7 比 热 容

氯化物的定压摩尔比热容计算式：

$$c_p = A + 0.001BT + C \times 10^5 T^{-2} \quad \mathrm{J/(mol \cdot K)}$$

式中，A、B 和 C 的数值见表 10.1.47。

表 10.1.47 氯化物的定压摩尔比热容的计算系数

名 称	形 态	适用温度/K	A	B	C	h_0/(kJ/mol)	s_0/[J/(mol·K)]
$CaCl_2$	固	298～1045	71.93	12.73	−2.721	−819.2	−310.4
LiCl	固	298～883	41.44	23.41	0	−421.9	−183.8
LiCl	液	883～1701	73.43	−9.479	0	−417.5	−349.2
NH_4Cl	固-1	298～458	38.90	160.4	0	−333.5	−174.3
NH_4Cl	固-2	458～793	34.67	111.8	0	−322.5	−117.7
NaCl	固	298～1074	45.97	16.33	0	−425.8	−194.6

表 10.1.48 氯化物的比热容

(1) 氯化钾、氯化钠、氯化锌 单位：kJ/(kg·K)

名 称	温 度/K											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
氯化钾[①]			0.0489	0.112	0.202	0.311	0.430	0.554	0.670	0.784	0.993	1.149
氯化钠		0.006	0.025	0.063	0.130	0.220	0.342	0.487	0.608	0.742	1.004	1.210
氯化钡·2水				0.035	0.056	0.080	0.103	0.127	0.152	0.176	0.224	0.268
氯化锌[②]	0.003	0.029	0.086	0.160	0.241	0.320	0.394	0.459	0.516	0.568	0.662	0.746

续表

名　称	温　　度/K											
	80	90	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
氯化钾	1.282	1.381	1.462	1.579	1.663	1.729	1.772	1.803	1.834	1.858	1.871	1.896
氯化钠	1.389	1.528	1.666	1.888	2.005	2.090	2.169	2.232	2.282	2.301	2.329	
氯化钡·2 水	0.305	0.333	0.362	0.418	0.466	0.501	0.524	0.539	0.556	0.586	0.637	
氯化锌	0.824	0.896	0.958	1.069	1.159	1.230	1.286	1.329	1.364	1.394	1.419	1.439
名　称	温　　度/K											
	350	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650	700
氯化钾			1.946	2.032	2.018	1.959	2.010	2.027	2.139	2.072	2.118	2.123
氯化钡·2 水	0.635											

① 15～280K 试件为化学纯再结晶体，加热到 700℃在高真空下烘干 5 天。

② 试件成分为 51.90％Cl_2和 47.97％Zn。

注：氯化钙的比热容为 0.687kJ/(kg·K)，－21～2℃时水合氯化钙的比热容为 1.438kJ/(kg·K)。

（2）氯化钾

① 气体　　单位：J/(mol·K)

温度/K	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
c_p	50.589	52.934	54.227	55.098	55.777	56.350	56.639	57.338	57.790
温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
c_p	58.226	58.653	59.059	59.465	59.867	60.265	60.663	61.052	61.445

② 固体和液体　　单位：J/(mol·K)

温度/K	300	400	500	600	700	800	895	＞895
c_p	66.390	66.411	66.432	66.453	66.474	66.495	66.516	75.362

注：大于 895K 时为液体。

（3）氯化钙、氯化锰和氯化锆　　单位：J/(mol·K)

名　称	温　　度/K								
	60	80	100	150	200	250	298.2	300	400
氯化钙	30.62	40.88	48.83	61.30	67.28	70.71	72.61	72.95	75.45
氯化锰	27.20	38.50	412.11	60.58	67.03	70.71	72.86		712.15
氯化锆	52.84	66.86	77.99	97.07	108.3	114.8	119.9		125.9

名　称	温　　度/K							
	500	600	700	800	900	1000	1045	＞1045
氯化钙	77.29	78.87	80.33	81.72	83.07	84.41	85.00	103.4
氯化锰	79.77	81.84		85.19		94.56		
氯化锆	128.7							

（4）二氯化铁　　单位：J/(mol·K)

项　目	固　　体								
温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	950
c_p	76.384	76.468	79.721	81.693	83.162	84.393	85.499	86.533	87.027

项　目	液　　体				
温度/K	950	1000	1100	1200	1285
c_p	102.16	102.16	102.16	102.16	102.16

项　目	气　　体								
温度/K	1285	1300	1400	1500	1620	1700	1800	1900	2000
c_p	65.863	65.846	65.720	65.590	65.456	65.318	65.176	65.029	65.883

（5）三氯化铁 单位：J/(mol·K)

项 目	固 体					液 体			气 体				
温度/K	298	300	400	500	577	577	600	605	300	400	500	600	700
c_p	96.71	96.92	108.4	120.0	128.8	134.0	134.0	134.0	77.79	80.10	81.18	81.76	82.12
项 目	气 体												
温度/K	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
c_p	82.36	82.52	82.64	82.74	82.81	82.86	82.91	82.95	82.98	83.02	83.04	83.07	83.09

（6）氯化锶 单位：J/(mol·K)

项 目	固 体										液体
温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1300	≥1146
c_p	79.24	79.26	80.29	81.31	82.33	83.34	84.37	85.39	86.42	86.44	104.67

（7）氯化亚铜

① 固体和液体 单位：J/(mol·K)

温度/K	298	300	400	500	600	700	703	>703
c_p	48.73	48.80	52.30	55.80	59.30	62.80	62.90	67.00

②气体

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
c_p	35.26	35.29	36.30	36.79	37.08	37.28	37.43	37.54	37.64	37.73
温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
c_p	38.94	37.89	37.96	38.02	38.09	38.15	38.21	38.27	38.33	

（8）三氯化钛 单位：J/(mol·K)

项 目	温 度/K									
	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
液体	97.163	97.209	99.185	100.7	102.02	103.26	104.45	105.62	106.77	107.91
气体	72.54	72.716	78.938	81.781	83.292	84.171	84.72	85.072	85.306	85.457
项 目	温 度/K									
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
气体	85.557	85.62	85.654	85.666	85.666	85.649	85.628	85.595	85.561	

表 10.1.49 氯化物水溶液的比热容

（1）氯化钠水溶液

① 密度为变量 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	密 度/(kg/m³)										
	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100
10	4.183	4.082	4.015	3.957	3.898	3.839	3.785	2.735	3.689	3.643	3.601
0	4.191	4.074	4.003	3.940	3.881	3.827	3.772	3.722	3.676	3.630	3.588
−10											3.580
温度/℃	密 度/(kg/m³)										
	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1203
10	3.559	3.521	3.484	3.450	3.416	3.383	3.350	3.320	3.291	3.262	3.257
0	3.551	3.513	3.475	3.442	3.408	3.375	3.341	3.312	3.283	3.257	3.249
−10	3.538	3.500	3.467	3.429	3.396	3.362	3.333	3.304	3.274		

② 浓度为变量　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　单位：kJ/(kg·℃)

浓度/%	温度/℃					
	15	20	40	60	80	100
5.0	3.994	3.982	3.932	3.890	3.844	3.798
10.0	3.860	3.852	3.806	3.760	3.705	3.651
12.5	3.672	3.664	3.638	3.609	3.584	3.485
15.0	3.525	3.521	3.500	3.475	3.421	3.320
24.3	3.278	3.278	3.270	3.245	3.211	3.220

(2) 氯化钙水溶液

温度/℃	密度/(kg/m³)												
	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100	1110	1120
0	4.200	4.128	4.053	3.978	3.902	3.831	3.764	3.693	3.634	3.563	3.500	3.442	3.383

温度/℃	密度/(kg/m³)												
	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210	1220	1230	1240	1250
0	3.329	3.274	3.224	3.178	3.128	3.086	3.044	3.002	2.964	2.931	2.897	2.856	2.839
−10	3.304	3.249	3.199	3.153	3.107	3.061	3.019	2.977	2.939	2.906	2.872	2.843	2.814
								2.952	2.914	2.881	2.847	2.818	2.788
												2.793	2.763

温度/℃	密度/(kg/m³)												
	1260	1270	1280	1286	1290	1300	1310	1320	1330	1340	1350	1360	1370
0	2.809	2.780	2.755	2.738	2.726	2.701	2.675	2.650	2.625	2.600	2.579	2.554	2.529
−10	2.784	2.755	2.730	2.713	2.700	2.675	2.650	2.625	2.596	2.575	2.550		
−20	2.759	2.730	2.705	2.688	2.675	2.650	2.621	2.596	2.571				
−30	2.734	2.705	2.680	2.663	2.650	2.625	2.596						

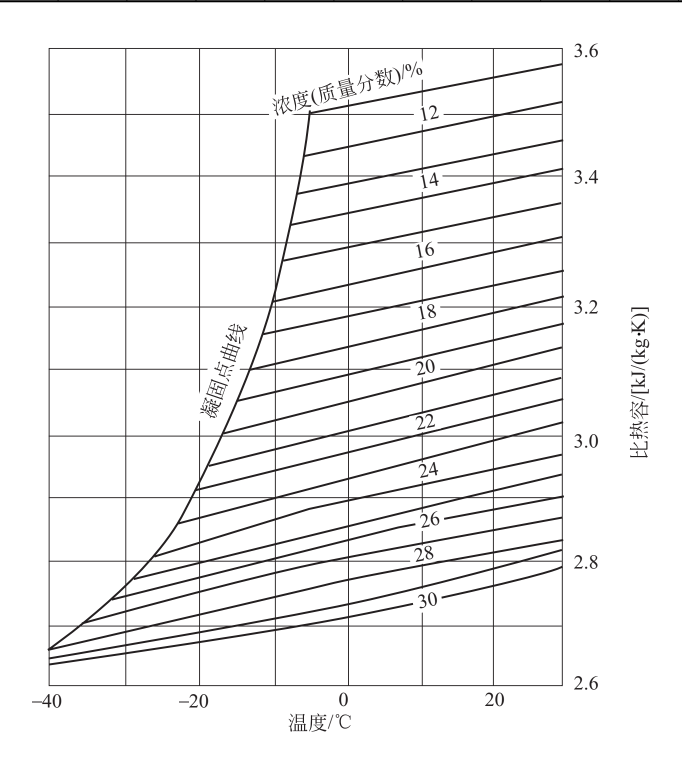


图 10.6　氯化钙水溶液的比热容

（3）氯化钡水溶液

浓度/(mol/mol H_2O)	50	60	70	80	90	100	110	120
c_p	3.26	3.355	3.442	3.522	3.595	3.66	3.718	3.768
浓度/(mol/mol H_2O)	130	140	150	160	170	180	190	200
c_p	3.81	3.846	3.873	3.894	3.906	3.912	3.91	3.9

（4）氯化铵水溶液

温　度	氯化铵浓度/(mol/mol H_2O)									
/℃	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
25	4.146	4.111	4.079	4.025	3.98	3.941	3.845	3.749	3.66	3.59
50	4.13	4.105	4.081	4.037	3.995	3.955	3.857	3.762	3.821	3.826
75	4.142	4.124	4.106	4.066	4.023	3.979	3.871	3.772	3.687	3.616

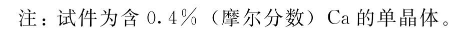
温　度	氯化铵浓度/(mol/mol H_2O)								
/℃	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	11.5
25	3.454	3.335	3.234	2.156					
50	2.869	3.198	9.821	3.5	3.007				
75	3.501	3.394	3.278	3.175	3.101	3.044	2.992	2.937	2.904

10.1.8　热　导　率

表 10.1.50　氯化钠的热导率

单位：W/(m·K)

温度/K	100	110	120	130	140
λ	16.90	15.98	16.11	15.97	15.48
温度/K	150	160	170	180	190
λ	15.38	15.82	16.16	16.16	15.08
温度/K	200	210	220	230	240
λ	13.05	10.54	8.996	8.498	8.065
温度/K	250	260	270	280	290
λ	6.703	6.323	6.892	7.009	6.300
温度/K	300	310	320	330	340
λ	6.240	6.025	6.124	5.580	5.269
温度/K	350	360	370	380	390
λ	5.230	4.896	4.873	4.663	4.240



注：试件为含 0.4%（摩尔分数）Ca 的单晶体。

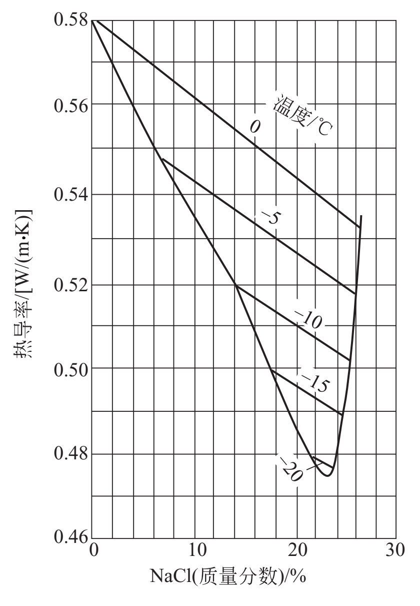


图 10.7　氯化钠溶液的热导率

表 10.1.51　氯化钾的热导率　　单位：W/(m·K)

温度/K	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16
λ	94.81	188.0	241.6	279.0	283.9	257.6	228.5	203.9	175.6	138.5	123.3	99.31
温度/K	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60
λ	84.43	61.36	58.66	55.10	48.93	47.08	44.37	40.42	35.90	35.21	33.73	28.42
温度/K	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200	250	288.4
λ	26.05	25.73	23.96	21.77	20.03	18.87	16.65	15.59	14.16	12.51	12.09	11.00

注：样品中添加 KI，其碘负离子浓度为 1.25×10^{19} 个分子/cm^3。

表 10.1.52　氯化锌的热导率　　单位：W/(m·K)

温度/K	560	565	570	575	580	585	590	595	600	605	610	614.0	614.3
λ	0.358	0.288	0.254	0.246	0.259	0.284	0.314	0.341	0.359	0.360	0.336	0.294	0.290

表 10.1.53　氯化钠水溶液的热导率

(1) 密度为变量　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	密度/(kg/m^3)										
	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100
0	0.581	0.587	0.575	0.573	0.571	0.569	0.567	0.564	0.560	0.557	0.556
−5							0.546	0.544	0.542	0.539	0.537
温度/℃	密度/(kg/m^3)										
	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1175	1180	1190	1200
0	0.553	0.551	0.549	0.546	0.544	0.542	0.540	0.539	0.538	0.536	0.533
−5	0.535	0.532	0.531	0.529	0.526	0.523	0.522	0.521	0.520	0.518	
−10	0.518	0.516	0.514	0.511	0.509	0.507	0.506	0.504	0.503		
−15			0.496	0.495	0.493	0.490	0.489	0.488			
−20						0.477	0.475				

(2) 浓度为变量　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	浓度/%						
	0	5	10	15	20	25	30
20	0.598	0.594	0.589	0.584	0.578		
30	0.617	0.609	0.603	0.597	0.589	0.578	0.561

(3) 氯化钠水溶液的热导率和热扩散系数

浓度(质量分数)/%	7					11				
温度/℃	−4	0	10	15	20	−7.5	−5	0	10	20
热导率/[W/(m·℃)]	0.556	0.559	0.575	0.584	0.593	0.545	0.549	0.556	0.569	0.593
热扩散系数/(m m^2/h)	0.500	0.502	0.516	0.523	0.531	0.496	0.498	0.503	0.512	0.533
浓度(质量分数)/%	13.6					16.2				
温度/℃	−9.8	−5	0	10	20	−12.2	−10	−5	10	20
热导率/[W/(m·℃)]	0.539	0.546	0.554	0.571	0.573	0.532	0.535	0.544	0.568	0.573
热扩散系数/(mm^2/h)	0.494	0.500	0.507	0.515	0.540	0.490	0.493	0.500	0.518	0.521
浓度(质量分数)/%	18.8						21.2			
温度/℃	−15	−10	−5	0	10	20	−18	−15	−10	−5
热导率/[W/(m·℃)]	0.524	0.532	0.542	0.550	0.566	0.581	0.517	0.522	0.530	0.538
热扩散系数/(mm^2/h)	0.486	0.492	0.500	0.505	0.517	0.532	0.480	0.485	0.490	0.496
浓度(质量分数)/%	21.2			23.1						
温度/℃	0	10	20	−21	−15	−10	−5	0	10	20
热导率/[W/(m·℃)]	0.546	0.563	0.579	0.514	0.520	0.528	0.536	0.544	0.549	0.565
热扩散系数/(mm^2/h)	0.503	0.517	0.527	0.477	0.483	0.489	0.495	0.502	0.505	0.530

表 10.1.54　三氯化锑水溶液的热导率　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	浓度(质量分数)/%									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
25	0.2080	0.2064	0.2046	0.2024	0.2005	0.1982	0.1947	0.1895	0.1830	0.1766
40	0.2045	0.2032	0.2020	0.2006	0.1987	0.1960	0.1923	0.1876	0.1819	0.1755
60	0.2005	0.2003	0.1998	0.1987	0.1970	0.1945	0.1910	0.1864	0.1807	0.1743

表 10.1.55 氯化钙水溶液的热导率

（1）密度为变量　　　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	密度/(kg/m³)												
	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100	1110	1120
0	0.581	0.578	0.575	0.573	0.570	0.567	0.564	0.561	0.558	0.555	0.552	0.549	0.545
温度/℃	密度/(kg/m³)												
	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210	1220	1230	1240	1250
0	0.542	0.539	0.535	0.530	0.525	0.521	0.516	0.511	0.507	0.502	0.497	0.493	0.488
−10			0.503	0.500	0.496	0.493	0.489	0.486	0.483	0.480	0.476	0.473	0.470
−20								0.465	0.463	0.459	0.457	0.454	0.452
温度/℃	密度/(kg/m³)												
	1260	1270	1280	1286	1290	1300	1310	1320	1330	1340	1350	1360	1370
0	0.483	0.479	0.474	0.472	0.470	0.465	0.460	0.457	0.452	0.447	0.443	0.439	0.435
−10	0.466	0.462	0.459	0.457	0.456	0.452	0.449	0.444	0.440	0.437	0.432		
−20	0.449	0.446	0.444	0.443	0.442	0.438	0.436	0.434	0.431				
−30		0.434	0.432	0.431	0.430	0.429	0.428						
−40		0.417	0.417	0.418	0.418	0.418							

（2）浓度为变量　　　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	浓度(质量分数)/%								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
20	0.598	0.592	0.587	0.581	0.575	0.568	0.560	0.552	0.545
25	0.209		0.216	0.221	0.225				
40	0.203		0.211	0.218	0.223				
60	0.199		0.207	0.214	0.220				

表 10.1.56 氯化锌水溶液的热导率　　　　单位：W/(m·K)

温度/℃	浓度(质量分数)/%								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
20	0.598	0.587	0.576	0.564	0.551	0.537	0.521	0.504	0.486
25	0.1761		0.1790		0.1796		0.1801		0.1801
40	0.1714		0.1761		0.1772		0.1778		0.1790
60	0.1668		0.1720		0.1749		0.1761		0.1766

表 10.1.57 其他氯化物水溶液的热导率（20℃）　　　　单位：W/(m·K)

名　称	浓度(质量分数)/%						
	0	5	10	15	20	25	30
$BaCl_2$	0.598	0.594	0.589	0.584	0.578		
KCl	0.598	0.589	0.580	0.570	0.559		
KCl①	0.617	0.531	0.495	0.509	0.574		
LiCl	0.598	0.588	0.576	0.564	0.553	0.544	0.538
$MgCl_2$	0.598	0.586	0.573	0.560	0.546	0.531	0.516
NH_4Cl	0.598	0.582	0.566	0.549	0.531		
$SbCl_3$	0.598	0.593	0.588	0.582	0.575		

① 水溶液温度为 30℃。

10.1.9 比　　焓

氯化物的定压摩尔比焓计算式：

$$h=h_0+0.001AT+0.5\times10^{-6}BT^2-100CT^{-1}\qquad \text{J/mol}$$

式中，A、B、C 和 h_0 的数值见表 10.1.47。

表 10.1.58　氯化钾的比焓

（1）气态　　单位：kJ/mol

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
h	79.549	79.641	84.833	90.196	95.664	101.212	106.818	112.478	118.189	123.946

温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
h	129.745	135.590	141.476	147.400	153.367	159.375	165.420	171.508	177.633

（2）固态和液态　　单位：kJ/mol

温度/K	300	400	500	600	700	800	895	895	900
h	−113.42	−106.78	−100.14	−93.495	−86.851	−80.202	−73.884	−59.231	−58.853
温度/K	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
h	−51.318	−43.78	−36.25	−28.71	−21.17	−13.64	−61.00	1.436	8.972

注：粗线前的 895K 为固态，粗线后的 895K 为液态。

表 10.1.59　氯化亚铜的比焓

（1）固体　　单位：kJ/mol

温度/K	298	300	400	500	600	700	703
h	−138.2	−138.1	−133.0	−127.6	−121.9	−115.8	−115.6

（2）液体

温度/K	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1485
h	−98.83	−92.13	−85.44	−78.74	−72.04	−65.34	−58.64	+52.95

（3）气体

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
h	91.15	91.21	94.80	98.45	102.1	105.9	109.6	113.4	1112.1	120.9

温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
h	124.7	128.4	132.2	136.0	139.8	143.7	147.5	151.3	155.1

表 10.1.60　二氯化铁的比焓　　单位：kJ/mol

项　目	固　　体									液　　体		
温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	950	950	1000	1100
h	342.5	342.3	334.5	326.4	318.2	309.8	301.3	292.7	288.4	245.2	240.1	229.9

项　目	液　　体		气　　体								
温度/K	1200	1285	1285	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
h	219.7	211.0	85.42	84.44	77.86	71.29	64.74	58.20	51.68	45.17	38.67

表 10.1.61　三氯化铁的比焓　　单位：kJ/mol

项　目	固　　体					液　　体			气　　体				
温度/K	298	300	400	500	577	577	600	605	300	400	500	600	700
h	399.7	399.5	389.2	377.8	368.2	325.1	322.0	321.4	253.2	245.2	2312.2	229.0	220.8
项　目	固　　体					液　　体			气　　体				
温度/K	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
h	212.6	204.4	196.1	187.8	179.6	171.3	163.0	154.7	146.4	138.1	129.8	121.5	113.2

表 10.1.62 三氯化钛的比焓 单位：kJ/mol

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
液 体	722.22	722.04	712.22	702.22	692.08	681.82	671.43	660.93	650.31	639.58
气 体	539.68	539.54	531.92	523.86	515.60	5012.23	498.78	490.29	481.77	473.23
温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
气 体	464.68	456.13	447.56	438.99	430.42	421.86	413.3	404.73	404.55	

表 10.1.63 其他氯化物 25℃时的焓 单位：kJ/kmol

项目	物 料 名					
	氯化铝 ($AlCl_3$)	氯化钠 (NaCl)	四氯化二碳 (C_2Cl_4)	六氯化二碳 (C_2Cl_6)	氯化钙 ($CACl_2$)	四氯化碳 (CCl_4)
理想气体标准生成焓	−584590	−181400	−12130	−138910	−471500	−95810
标准燃烧焓	—	—	−735480	−580300	—	−265300
项目	物 料 名					
	氯化铵 (NH_4Cl)	三氯化氮 (NCl_3)	三氯化磷 (PCl_3)	三氯氧化磷 ($POCl_3$)	四氯化硅 ($SiCl_4$)	五氯化磷 (PCl_5)
理想气体标准生成焓	—	263000	−288700	−558480	−662750	−374900
标准燃烧焓	−169200	−230000	—	—	−217000	—
项目	物 料 名					
	二氯化硫 (SCl_2)	硫酰氯 (SO_2Cl_2)	氯化亚砜 ($SOCl_2$)	四氯化钛 ($TiCl_4$)	三氯氧化钒 (VCl_3O)	四氯化钒 (VCl_4)
理想气体标准生成焓	−17570	−364000	−212500	−761660	−695590	−525500
标准燃烧焓	−247470	97260	−51240	—	—	—

10.1.10 比 熵

氯化物的定压摩尔比熵公式：

$$s = s_0 + A\times\ln T + 0.001BT - 50000CT^2 + 0.5\times10^{-6}DT^2 \qquad \text{J/(mol·K)}$$

式中，A、B、C 和 s_0 的数值见表 10.1.64。

表 10.1.64 氯化物的定压摩尔比熵的计算系数

名 称	形态	适用温度/K	A	B	C	h_0/(kJ/mol)	s_0/[J/(mol·K)]
$CaCl_2$	固	298～1045	71.93	12.73	−2.721	−819.2	−310.4
LiCl	固	298～ 883	41.44	23.41	0	−421.9	−183.8
LiCl	液	883～1701	73.43	−9.479	0	−417.5	−349.2
NH_4Cl	固-1	298～ 458	38.90	160.4	0	−333.5	−174.3
NH_4Cl	固-2	458～ 793	34.67	111.8	0	−322.5	−117.7
NaCl	固	298～1074	45.97	16.33	0	−425.8	−194.6

表 10.1.65 氯化钾的比熵

(1) 气态 单位：J/(mol·K)

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
s	253.22	253.53	268.45	280.41	290.38	298.92	306.41	313.08	319.09	324.58
温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
s	329.63	334.30	338.67	342.75	346.60	350.25	353.70	356.99	360.13	

(2) 固态和液态 单位：J/(mol·K)

温度/K	300	400	500	600	700	800	895	895	900
s	128.28	147.38	162.20	174.31	184.56	193.43	200.90	2112.27	217.69

续表

温度/K	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
s	225.63	222.18	239.37	245.41	260.00	256.19	261.05	265.62	269.93

注：粗线前的 895K 为固态，粗线后的 895K 为液态。

表 10.1.66　氯化亚铜的比熵

（1）固　体　　单位：J/(mol・K)

温度/K	298	300	400	500	600	700	703
s	87.09	87.39	101.9	114.0	124.4	133.8	134.1

（2）液　体

温度/K	703	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1485
s	148.7	157.3	165.2	172.3	178.7	184.5	189.9	194.8	198.8

（3）气　体

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
s	237.3	237.5	247.8	255.9	262.7	268.4	273.4	277.8	281.8	285.4

温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
s	288.6	291.7	294.5	2912.1	299.6	301.9	304.1	306.1	308.1

表 10.1.67　二氯化铁的比熵　　单位：J/(mol・K)

项　目	固　体								
温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	950
s	120.16	120.63	143.13	144.39	176.17	189.08	200.43	210.56	215.25

项　目	液　体				
温度/K	950	1000	1100	1200	1285
s	260.65	265.88	273.73	284.51	291.50

项　目	气　体								
温度/K	1285	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
s	389.25	390.01	394.87	399.42	403.65	407.61	411.34	414.86	418.19

表 10.1.68　三氯化铁的比熵　　单位：J/(mol・K)

项　目	固　体					液　体			气　体				
温度/K	298	300	400	500	577	577	600	605	300	400	500	600	700
s	125.7	143.0	172.5	197.9	215.7	290.5	295.7	296.8	344.8	365.0	385.6	400.4	413.1

项　目	气　体												
温度/K	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
s	424	433.7	442.4	450.3	457.3	464.2	470.3	476.0	481.4	486.4	491.2	495.6	499.9

表 10.1.69　三氯化钛的比熵　　单位：kJ/mol

项　目	温度/K									
	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
液　体	139.84	140.44	168.69	190.99	209.47	225.29	239.16	251.53	262.72	272.95
气　体	316.94	317.39	339.29	3512.25	372.30	385.21	396.49	406.49	415.47	423.61

项　目	温度/K								
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
液　体	431.05	437.9	444.24	450.16	455.68	460.88	465.77	470.4	474.79

表 10.1.70 其他氯化物 25℃时的熵 单位：kJ/(K·kmol)

物料名	氯化铝	氯化钠	四氯化二碳	六氯化二碳	氯化钙	四氯化碳
物质的绝对熵	314.49	229.70	340.85	397.88	290.20	309.91
物料名	氯化铵	三氯化氮	三氯化磷	三氯氧化磷	四氯化硅	五氯化磷
物质的绝对熵	—	297.37	311.57	325.35	330.84	364.47
物料名	二氯化硫	硫酰氯	氯化亚砜	四氯化钛	三氯氧化钒	四氯化钒
物质的绝对熵	281.52	311.83	309.66	354.79	344.18	362.29

10.1.11 自 由 能

表 10.1.71 氯化钾的自由能 单位：kJ/mol

（1）气态

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
G	4.053	3.584	−22.546	−50.007	−78.561	−108.29	−138.31	−169.29	−200.90	−233.09

温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
G	−265.80	−299.00	−332.65	−366.73	−401.20	−436.04	−471.24	−506.77	−509.14

（2）固态和液态 单位：kJ/mol

温度/K	300	400	500	600	700	800	895	895	900
G	−151.91	−165.73	−181.24	−198.09	−216.04	−234.95	−253.69	−151.67	−151.91

温度/K	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
G	−165.73	−181.24	−198.09	−216.04	−234.95	−253.69	−251.21

注：粗线前的 895K 为固态，粗线后的 895K 为液态。

表 10.1.72 氯化亚铜的自由能

（1）固体 单位：−kJ/mol

温度/K	298	300	400	500	600	700	703
G	164.1	164.3	173.8	184.6	196.5	209.4	209.8

（2）液体 单位：−kJ/mol

温度/K	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1485
G	224.7	240.8	257.7	275.3	293.4	312.1	331.4	348.1

（3）气体 单位：kJ/mol

温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
G	20.41	19.97	−4.317	−29.51	−55.45	−82.02	−109.1	−136.7	−164.7	−193.0

温度/K	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
G	−221.7	−250.7	−280.0	−309.6	−339.5	−369.5	−399.8	−430.3	−461.1

表 10.1.73 二氯化铁的自由能 单位：−kJ/mol

项 目	固 体							
温度/K	298	300	400	500	600	700	800	900
G	378.31	378.53	391.76	407.01	423.89	440.95	461.66	482.21

项 目	液 体				
温度/K	950	1000	1100	1200	1285
G	492.86	506.03	533.11	561.12	585.60

项 目	气 体							
温度/K	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
G	591.45	630.70	670.42	710.57	751.14	792.08	833.40	875.05

表 10.1.74　三氯化铁的自由能　　单位：－kJ/mol

项　目	固　体					液　体			气　体				
温度/K	298	300	400	500	577	577	600	605	300	400	500	600	700
G	442.1	442.4	458.2	476.8	492.7	492.7	499.4	500.9	356.6	392.3	430.0	469.3	510.0
项　目	气　体												
温度/K	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
G	549.7	594.7	638.5	683.2	728.6	774.7	821.4	868.7	916.6	965.0	1767	1063	1113

表 10.1.75　三氯化钛的自由能　　单位：－kJ/mol

项　目	温度/K									
	298	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
液　体	763.92	764.17	779.70	797.72	817.77	839.52	862.76	887.30	913.03	939.82
气　体	634.17	634.76	667.63	702.49	738.99	776.88	815.97	856.13	8912.24	939.20

项　目	温度/K								
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
气　体	981.94	1025.4	1069.5	1114.2	1159.5	12091	1251.7	1298.5	1345.8

10.1.12　熔融热和汽化热

表 10.1.76　氯化物的熔解热和汽化热　　单位：kJ/mol

分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热
$AgCl$	13.21	198.9	$GeHCl_3$		33.5	PCl_5		64.9①	$SOCl_2$		31.3
$AlCl_3$	35.59	65.4	HCl	2.11	16.2	$PClF_2$		24.9	$SOFCl$		24.7
$AsCl_3$	10.13	31.7	$HfCl_4$	7.54	99.6	PCl_2F		22.8	SO_2Cl_2		28.0
BCl_3	(2.09)	23.9	$HgCl_2$	17.38	59.0	P_2ClF_2		17.6	$S_2O_5Cl_2$		55.3
B_2Cl_4	10.80	33.6	ICl	7.75	41.7	$PdCl_2$	40.11		S_2O_5FCl		33.9
$BaCl_2$	22.48	(209.4)	KCl	25.54	162.6	$POCl_3$	13.02	33.7	$TaCl_4$		126.4①
$BeCl_2$	(12.56)	(104.7)	$LiCl$	13.40	150.6	$POClF_2$		25.5	$TaCl_5$	38.52	58.6
$BiCl_3$	10.89	72.6	$MgCl_2$	43.13	136.9	$POCl_2F$		31.0	$TeCl_4$		77.0
$BrCl$	10.05	34.8	$MnCl_2$	37.56	149.0	$PSClF_2$		23.9	$ThCl_4$	94.21	152.8
CCl_4	2.70	30.5	$MoCl_2$	25.12		$PSCl_2F$		28.8	$TiCl_2$		196.0①
$CaCl_2$	28.39	(230.3)	$MoCl_3$		217.7①	$PuCl_3$	63.64	304.8	$TiCl_3$		175.8①
$CdCl_2$	22.19	125.0	$MoCl_4$		104.7①	$RbCl$	18.42	154.6	$TiCl_4$	9.76	39.8
$CeCl_3$	33.50	170.8	$MoCl_5$	92.11①	58.6	$ReOCl_4$		45.6	$TlCl$	17.84	102.2
$CoCl_2$	226.1①	145.0	$MoOCl_3$		104.7①	$SbCl_3$	12.69	43.1	UCl_3	37.68	171.7
$CoCl_2$	5.74	24.4	$MoOCl_4$		67.8	$SbCl_5$	10.05	48.4	UCl_4	43.13	138.2
$CrCl_2$	32.32	198.9	$NoCl$		25.7	S_2Cl_2		36.0	UCl_5	35.58	
$CrCl_3$		251.2①	$N_3P_3Cl_6$	20.94	55.3	$SeOCl_3$	4.23	42.7	VCl_2		187.6①
$CrCl_4$	8.37	37.7	$N_4P_4Cl_8$		65.3	$SiBrCl_2F$		24.9	VCl_3		1812.2①
CrO_2Cl_2		34.5	$NaCl$	28.68	170.9	$SiBr_2ClF$		29.7	VCl_4	9.63	41.5
$CsCl$	15.07	149.4	$NaFeCl_4$	18.00		$SiCl_4$	7.72	28.7	VO_2Cl		40.2
$CuCl$		157.0①	$NbCl_4$		131.5	Si_3Cl_8		51.7	WCl_4		163.3①
$CuCl_2$		193.8①	$NbCl_5$	95.46①	54.8	SiF_2Cl_2		21.3	WCl_5	69.92①	65.7
$FeCl_2$	189.7	125.6	$NbOCl_3$		117.6①	SiF_3Cl		18.7	WCl_6	67.00①	60.7
$FeCl_3$	43.12	25.2	$NiCl_2$	77.33	225.3	$SiHCl_3$		26.6	$WOCl_4$	20.85	63.5
$GaCl_3$	10.70		$PbCl_2$	24.28	124.0	$SnCl_2$	12.77	81.6	WO_2Cl_4		110.1①
$GeCl_4$		29.4	PCl_3		32.7	$SnCl_4$	9.17	34.9	$ZnCl_2$	23.20	120.2

① 升华热。

10.1.13 其他物性

表 10.1.77 氯化物的三相点

项目	物料名							
	氯化铝	四氯化二碳	六氯化二碳	氯化钙	四氯化碳	氯化亚铜	氯化铜	氯化亚铁
三相点温度/K	465.7	250.8	459.95	1045	250.3	703	906.15	950
三相点压力/Pa	233000	116.6	107000	—	1122.46	10.19	—	928.7
项目	物料名							
	三氯化铁	氯化钾	氯化钠	三氯化氮	氯化铵	三氯化磷	五氯化磷	三氯氧化磷
三相点温度/K	577	1044	1073.95	246.15	793.2	181.15	433.15	274.33
三相点压力/Pa	77743.4	48.853	39.29	882.2	3500000	1.318	102726	1018
项目	物料名							
	二氯化硫	四氯化硅	硫酰氯	氯化亚砜	三氯化钛	四氯化钛	三氯氧化钒	四氯化钒
三相点温度/K	151.15	204.3	219	168.65	713.15	249.05	193.65	247.45
三相点压力/Pa	0.00399	79.2	115.8	0.3943	—	58.7	0.4197	40.33

表 10.1.78 氯化物的介电常数

名称	氯化氢	氯化氢	一氯化硫	氯化硫	氯化钠	氯化钡(无水)	氯化钡(二水)
ε	12^{-122}	$4.6^{27.8}$	$4.8^{14.4}$	$10^{22.2}$	5.9	11	9.4
名称	氯化铬(六价)	氯化银	氯化锂	氯化锡	氯氧化钒	氯氧化硫	氯氧化磷
ε	2.6^{20}	11.2	11.1	$3.2^{22.2}$	$3.4^{25.6}$	$9.2^{22.2}$	$14^{22.2}$
名称	氯化氨	氯化钾	氯化钠	氯化钠(盐)	氯化铅	氯化汞	氯化亚汞
ε	7	4.6	5.9	6.1	4.2	3.2	9.4
名称	氯化铵	氯化硼	氯化亚铊	三氯化砷		三氯氧化磷	
ε	7	5.2^{94}	46.9	12.4^{21}	7.0^{66}	2.40^{16}	14^{22}
名称	三氯化磷	三氯化锑		四氯化硅		四氯化碳	四氯化锡
ε	3.43^{25}	5.3	33.0^{65}	2.4^{16}	2.80^{20}	2.2^{20}	2.87^{20}
名称	四氯化钒	四氯化钛	四氯化铅	四氯化锗	五氯化磷	五氯化锑	
ε	$3.0^{25.6}$	2.8^{20}	2.8^{20}	2.4^{25}	2.8^{160}	3.2^{20}	

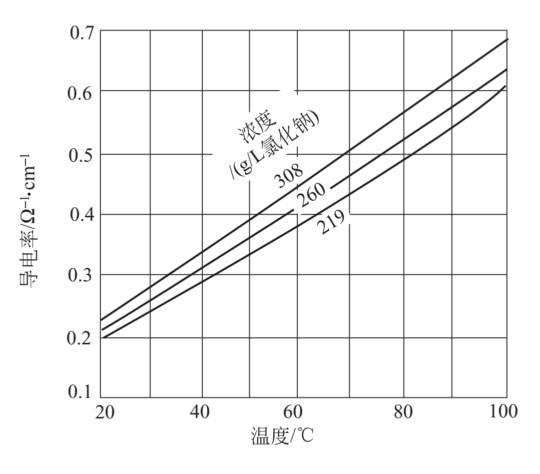


图 10.8 氯化钠溶液的导电率

表 10.1.79　氯化物的线胀系数　　单位：$\times 10^{-6}$ ℃$^{-1}$

名称	温度/℃														
	−250	−200	−150	−100	−50	0	20	100	200	300	400	500	600	700	800
CsCl	8.7	31.4	38.2	41.6	43.8	45.7	46.3								
KCl	1.3	20.0	28.2	31.8	34.5	36.5	312.1	39.3	41.9	44.6	47.7	52.0	54.7	58.4	62.3
LiCl			30.6	36.4	40.1	42.8	43.8								
NaCl	0.3	18.2	28.0	33.8	36.8	38.9	39.7	42.3	45.2	48.3	51.9	56.1	60.9	67.3	76.1

表 10.1.80　氯化物的临界值

项　　目	物料名及分子式					
	二氯化硫 SCl_2	三氯化氮 NCl_3	三氯化磷 PCl_3	三溴化硼 BBr_3	三氯化铁 $FeCl_3$	三氯氧化磷 $POCl_3$
临界温度/K	542	533	563.15	452	948.15	602.15
临界压力/kPa	6680	6170	5670	3870	4300	3440
临界体积/(L/mol)	0.183	0.201	0.26	—	—	0.201
临界压缩因子	0.271	0.28	0.315	—	—	0.138
项　　目	三氯氧化钒 VCl_3O	四氯化硅 $SiCl_4$	四氯化碳 CCl_4	四氯化二碳 C_2Cl_4	四氯化钛 $TiCl_4$	四氯化钒 VCl_4
临界温度/K	636	507	556.35	620	638	697
临界压力/kPa	3740	3590	4560	4490	4661	6030
临界体积/(L/mol)	0.29	0.326	0.276	0.248	0.34	0.268
临界压缩因子	0.205	0.278	0.272	0.216	0.299	0.279
项　　目	四氯化锗 $GeCl_4$	四氯化锡 $SnCl_4$	五氯化磷 PCl_5	六氯化二碳 C_2Cl_6	亚硝酰氯 ClNO	氯化氢 HCl
临界温度/K	500	592	646.15	695	440	325
临界压力/kPa	3850	3750	—	3340	9120	8270
临界体积/(L/mol)	—	—	—	0.412	0.139	
临界压缩因子	—	—	—	0.238	0.35	
项　　目	氯化铝 $AlCl_3$	氯化亚铜 CuCl	氯化钾 KCl	氯化钠 NaCl	氯化钙 $CACl_2$	氯化铜 CCl_2
临界温度/K	629	2435	3470	3400	3620	2010
临界压力/kPa	2630	—	18000	35500	—	—
临界体积/(L/mol)	0.261	—	0.625	0.266	—	—
临界压缩因子	0.131	—	0.39	0.334	—	—
项　　目	氯化亚铁 $FeCl_2$	氯化铵 NH_4Cl	氯化亚砜 $SOCl_2$	硫酰氯 SO_2Cl_2	碳酰氯 $COCl_2$	
临界温度/K	2010	882	567	545	455	
临界压力/kPa	8720	1640	4430	4610	5673	
临界体积/(L/mol)	—	—	0.208	0.234		
临界压缩因子	—	—	0.195	0.238	0.285	

表 10.1.81　氯化物的偏心因子

物料名	二氯化硫	三氯化铁	三氯化氮	三氯化磷	三氯氧化磷	三氯氧化钒	四氯化硅
偏心因子	0.2561	0.1741	0.4182	0.2344	0.0832	0.1305	0.2318

续表

物料名	四氯化碳	四氯化钛	四氯化钒	四氯化二碳	六氯化二碳	亚硝酰氯
偏心因子	0.1926	0.2837	0.1858	0.2138	0.2386	0.318
物料名	硫酰氯	氯化铝	氯化钾	氯化钠	氯化亚铁	氯化亚砜
偏心因子	0.1764	0.3555	−0.1212	0.1894	0.5270	0.09456

表 10.1.82　氯化钠水溶液的普朗特数

浓度(质量分数)/%	7					11				
温度/℃	−4	0	10	15	20	−7.5	−5	0	10	20
Pr	14.8	12.7	9.4	8.1	6.9	17.8	16.4	13.4	9.9	12.2
浓度(质量分数)/%	13.6					16.2				
温度/℃	−9.8	−5	0	10	20	−12.2	−10	−5	10	20
Pr	22.9	112.1	13.9	10.3	7.4	28.3	23.2	18.6	10.9	8.3
浓度(质量分数)/%	18.8						21.2			
温度/℃	−15	−10	−5	0	10	20	−18	−15	−10	−5
Pr	31.0	24.8	19.8	10.1	11.4	8.5	39.4	33.9	212.1	21.5
浓度(质量分数)/%	21.2			23.1						
温度/℃	0	10	20	−21	−15	−10	−5	0	10	20
Pr	17.3	12.1	9.1	50.0	36.5	29.5	23.3	18.6	13.1	9.6

表 10.1.83　氯化物水溶液的固定湿度

固　相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa	固　相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa
$BaCl\cdot 2H_2O$	24.5	88	2.679	$LiCl\cdot H_2O$	20	15	0.347
$CaCl\cdot 6H_2O$	5	39.8	0.345	TiCl	100	99.7	101.4
	10	38	0.463	$ZnCl\cdot 1\frac{1}{2}HO$	20	10	0.232
	18.5	35	0.738	NaCl、KNO_3和$NaNO_3$	16.4	30.5	0.564
	20	32.3	0.748	NH_4Cl和KNO_3	20	72.6	1.680
	24.5	31	0.944		25	71.2	2.226
NH_4Cl	20	79.5	1.840		30	68.6	2.879
	25	79.3	2.479	$NaClO_3$	20	75	1.733
	30	77.5	3.253		100	54	54.65

表 10.1.84　无水氯化钙水溶液的固定湿度

项　目	相对湿度/%									
	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55
水蒸气分压/kPa	3.167	3.009	2.850	2.691	2.533	2.375	2.217	2.058	1.900	1.742
氯化钙(质量分数)/%	0.00	9.33	14.95	19.03	22.25	24.95	27.40	29.64	31.73	33.71
项　目	相对湿度/%									
	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
水蒸气分压/kPa	1.584	1.425	1.266	1.108	0.950	0.792	0.633	0.475	0.317	0.159
氯化钙(质量分数)/%	35.64	37.61	39.62	41.83	44.36	—	—	—	—	—

10.1.14　质 量 指 标

表 10.1.85　工业四氯化碳的质量指标（GB/T 4119—2008）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
纯度(质量分数)/% ≥	99.80	99.50	水分(质量分数)/% ≤	0.005	0.007
三氯甲烷(质量分数)/% ≤	0.05	0.3	酸(以 HCl 计)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0008
四氯乙烯(质量分数)/% ≤	0.03	0.1	色度(Pt-Co)/号 ≤	15	25
外观	为无色(含杂质呈微黄色)澄清易流动液体,有芳香气味,易挥发				

用途：用于有机合成、制冷剂、杀虫剂，也作有机溶剂。

表 10.1.86　试剂用四氯化碳的质量指标（GB/T 688—92）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
CCl_4(质量分数)/% ≥	99.5	99.0	氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0003
密度(20℃)	1.592～1.598	1.592～1.598	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.0004	0.001
色度(黑曾单位) ≤	10	10	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0003
灼烧残渣(质量分数)/% ≤	0.003	0.005	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0005
酸度(以 H^+ 计)/(mmol/100g) ≤	0.5	0.5			

表 10.1.87　工业用三氯化磷的质量指标（HG/T 2970—2009）

项　目	指　标		
	优等品	一等品	合格品
三氯化磷(质量分数)/% ≥	99.0	98.5	98.0
游离磷(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0020	0.0080
沸程(74.5～77.5℃)(体积分数)/% ≤	97.0	96.0	95.0
正磷酸(以 PO_4^{3-} 计)(质量分数)/% ≤	0.2	—	—

用途：主要用作有机磷农药和三氯硫磷、磷酸三苯酯和磷酸三酚酯等的原料。医药工业用于生产磺胺嘧啶、磺胺五甲氧基嘧啶等药物的中间体。染料工业作缩合剂，用于生产色酚类染料。还可用作香料的氯化剂及水稳定剂的原料。

表 10.1.88　工业用五氯化磷的质量指标（HG/T 4108—2009）

项　目	指　标		
	优等品	一等品	合格品
五氯氧磷($POCl_3$)(质量分数)/% ≥	99.5	99.0	98.0
三氯化磷(PCl_3)(质量分数)/% ≤	0.05	0.2	0.5
灼烧残渣(质量分数)/% ≤	0.005	0.08	0.10
外观	淡黄色晶体或粉末	淡黄色晶体或粉末	淡黄色晶体或粉末

表 10.1.89　工业用三氯氧磷的质量指标（HG/T 3606—2009）

项　目	指　标		
	优等品	一等品	合格品
三氯氧磷($POCl_3$)(质量分数)/% ≥	99. 5	99.0	98. 0
三氯化磷(PCl_3)(质量分数)/% ≤	0. 2	0. 5	0. 8
沸程(105～109℃) ≤	97. 0	96. 0	95. 0
外观	无-微黄色透明液体	无-微黄色透明液体	无-微黄色透明液体

用途：氯化剂，可取代有机物中的氧。氧化剂。催化剂。冰点降低测定的溶剂。

表 10.1.90 三聚氯氰的质量指标（GB/T 25814—2010）

项目		指标	
		一等品	合格品
三聚氯氰(质量分数)/%	≥	99.30	99.00
初熔点/℃	≥	145.5	145.0
细度(通过孔径 125μm 标准筛后残余物的量)/%	≤	3.0	6.0
甲苯不溶物(质量分数)/%	≤	0.30	0.50
堆积密度/(g/mL)	≥	0.90	1.20
外观		白色均匀粉末	白色至微黄色均匀粉末

用途：作农药的中间体，制造活性染料的原料，有机工业的助剂，是橡胶促进剂和国防用于制造炸药的原料之一，也是医药农药工业用于合成药物的原料。

表 10.1.91 氯化钾的质量指标（GB 6549—2011）

项目		指标					
		Ⅰ类(工业用)			Ⅱ类(农业用)		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氧化钾(K_2O)(干基)(质量分数)/%	≥	62.0	60.0	58.0	60.0	57.0	55.0
水分(H_2O)(质量分数)/%	≤	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	6.0
钙镁合量(Ca+Mg)(干基)(质量分数)/%	≤	0.3	0.5	1.2	—	—	—
氯化钠(NaCl)(干基)(质量分数)/%	≤	1.2	2.0	4.0	—	—	—
水不溶物(干基)(质量分数)/%	≤	0.1	0.3	0.5	—	—	—
外观		白色、灰白色、微红色、浅褐色粉末状、结晶状或颗粒状					

注：Ⅰ类中的钙镁合量、氯化钠及水不溶物的质量分数，作为工业用氯化钾推荐性指标，农业用不限量。

用途：Ⅰ类适用于钾盐生产，也适用于直接作为肥料或配制复混肥；Ⅱ类适用于直接作为肥料或配制复混肥。

表 10.1.92 试剂用氯化钾的质量指标（GB/T 646—93）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
KCl 含量(质量分数)/%	≥	99.8	99.5	99.5
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～8.0	5.0～8.0	5.0～8.0
澄清度试验(HG 3-1168)		2 号	3 号	5 号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.02
碘化物(I)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.01
溴化物(Br)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.05
硫酸盐(SO_4^{2-})(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.001
磷酸盐(PO_4^{3-})(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.002
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	0.1
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	0.01
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0003	0.0005
钡(Ba)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.001
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001

表 10.1.93 食用氯化钾的质量指标（QB 2554—2002） 单位:%（质量分数）

项目		指标	项目		指标
白度/度	≥	80	水溶性杂质	≤	0.50
氯化钾	≥	97.00	铅(以 Pb 计)	≤	1.0
氯化钠	≤	1.45	砷(以 As 计)	≤	0.5
水分	≤	1.00	铵(以 NH_4^+ 计)	≤	100
水不溶物	≤	0.05			

注：此项测定只限于浮选法生产的氯化钾为原料制得的食用氯化钾。

表 10.1.94 食用氯化钾的质量指标（GB 25585—2010）

项目	指标	项目	指标
氯化钾(干基计)(质量分数)/% ≥	99.0	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.5
干燥减量(质量分数)/% ≤	1.0	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	5
酸碱度	通过试验	砷(As)/(mg/kg) ≤	2
碘和溴	通过试验		

表 10.1.95 工业氯化钾的质量指标（GB/T 7118—2008）

单位：%（质量分数）

项目	指标		
	优级品	一级品	二级品
氯化钾 ≥	93.0	90.0	88.0
氯化钠 ≤	1.75	2.60	3.60
钙、镁离子总量 ≤	0.27	0.38	0.45
硫酸根 ≤	0.20	0.35	0.65
水不溶物 ≤	0.05	0.10	0.15
水分 ≤	4.73	6.57	7.15
外观	无色立方晶体或白色结晶		

表 10.1.96 工作基准试剂——氯化钾的质量指标（GB 10736—2008）

项目	工作基准	项目	工作基准
含量(KCl)(质量分数)/%	99.95～100.05	磷酸盐(PO_4)(质量分数)/% ≤	0.0005
pH 值	5.5～8.0	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.02
澄清度试验	2 号	镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.0005
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.003	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.001
碘化物(I)(质量分数)/% ≤	0.001	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0001
溴化物(Br)(质量分数)/% ≤	0.02	钡(Ba)(质量分数)/% ≤	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005
总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.0005		

表 10.1.97 第一基准试剂氯化钾的质量指标（GB 10732—2008）

项目	指标	项目	指标
含量(KCl)(质量分数)/%	99.98～100.02	磷酸盐(PO_4)(质量分数)/% ≤	0.0005
pH 值(50g/L,25℃)	5.0～8.0	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.02
澄清度试验/号	2 号	镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.0005
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.003	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.001
碘化物(I)(质量分数)/% ≤	0.001	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0001
溴化物(Br)(质量分数)/% ≤	0.002	钡(Ba)(质量分数)/% ≤	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005
总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.0005	外观	白色结晶粉末

表 10.1.98 试剂用氯化钾的质量指标（GB 646—2011）

名称	优纯级	分析纯	化学纯
氯化钾(KCl)(质量分数)/% ≥	99.8	99.5	99.5
pH 值(50g/L,25℃)	5.0～8.0	5.0～8.0	5.0～8.0

续表

名　　称		优纯级	分析纯	化学纯
澄清度试验/号	≤	2	3	5
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.03	0.005	0.02
碘化钾(I)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.01
溴化物(Br)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.05
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.001
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.002
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	0.1
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	0.01
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0003	0.0005
钡 (Ba)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.001
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001
外观		白色结晶粉末	白色结晶粉末	白色结晶粉末

表 10.1.99　氯化钠的质量指标（GB 5462—2003）

项　　目		指标(质量分数)/%					
		日晒工业盐			精制工业盐		
		优级	一级	二级	优级	一级	二级
氯化钠	≥	96.00	94.50	92.00	99.00	98.50	97.50
水分	≤	3.00	4.10	6.00	03.0	05.0	08.0
水不溶物	≤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
钙镁离子	≤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫酸根离子	≤	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
外观		白色或微红色结晶			白色或微红色结晶		

用途：制取盐酸、氯气、氢气和氯酸盐等，也用于食品调味等。

表 10.1.100　工业盐的质量指标（GB/T 5462—2003）

项　　目		日晒工业盐			精制工业盐		
		优级品	一级品	二级品	优级品	一级品	二级品
氯化钠(质量分数)/%	≥	96.00	94.50	92.00	99.10	98.50	97.50
水分(质量分数)/%	≤	3.00	4.10	6.00	0.30	0.50	0.80
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.20	0.30	0.40	0.05	0.10	0.20
钙镁离子(质量分数)/%	≤	0.30	0.40	0.60	0.25	0.40	0.60
硫酸根离子(质量分数)/%	≤	0.50	0.70	1.00	0.30	0.50	0.90
外观		白色或微黄色、青白色晶体，无与产品有关的明显外来杂物					

用途：Ⅰ类用于电解法制取氢氧化钾、氯酸钾等；Ⅱ类用于制造钾盐；Ⅲ类主要用作钾肥。

表 10.1.101　调味盐的质量指标（QB/T 2020—2003）

项　　目			指　　标
理化指标	氯化钠(以 NaCl 计)/%	≥	60.0
	辅料/%	≥	3.0
	水分(含挥发物)/%	≤	3.0
	砷(以 As^{3+} 计)/(mg/kg)	≤	0.5
	铅(以 Pb^{+} 计)/(mg/kg)	≤	1.0
	氟(以 F^{-} 计)/(mg/kg)	≤	5.0
微生物指标	菌落总数/(个/g)	≤	30000
	大肠菌群/(个/100g)	≤	30
	致病菌(沙门菌，志贺菌)		不得检出

表 10.1.102　试剂用氯化钠的质量指标（GB/T 1266—2006）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
氯化钠(NaCl)(质量分数)/%	≥	99.8	99.5	99.5
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～8.0	5.0～8.0	5.0～8.0
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	2号	3号	4号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.02
干燥失量(质量分数)/%	≤	0.2	0.5	0.5
碘化物(I)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.012
溴化物(Br)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.05
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.003
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	—
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00002	0.00005	0.0001
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.04
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
六氰合铁(Ⅱ)酸盐[以 $Fe(CN)_6$ 计](质量分数)/%	≤	0.0001	0.0001	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.0005
钡(Ba)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.001
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001

用途：用作分析试剂。如配制钠和氯离子标准溶液，X射线荧光光谱分析及发射光谱分析等。

表 10.1.103　第一基准试剂氯化钠的质量指标（GB 10733—2008）

项　　目		指标	项　　目		指标
含量(NaCl)(质量分数)/%		99.98～100.02	磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～8.0	六氰合铁(Ⅱ)[以 $Fe(CN)_6$ 计](质量分数)/%	≤	0.0001
澄清度试验	≤	2号	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	钾(K)(质量分数)/%	≤	0.01
碘化物(I)(质量分数)/%	≤	0.001	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002
溴化物(Br)(质量分数)/%	≤	0.005	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	钡(Ba)(质量分数)/%	≤	0.001
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005

表 10.1.104　工作基准试剂氯化钠的质量指标（GB 1253—2007）

项　　目		工作基准	项　　目		工作基准
含量(NaCl)(质量分数)/%		99.95～100.05	磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～8.0	六氰合铁(Ⅱ)[以 $Fe(CN)_6$ 计](质量分数)/%	≤	0.0001
澄清度试验	≤	2号	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	钾(K)(质量分数)/%	≤	0.01
碘化物(I)(质量分数)/%	≤	0.001	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002
溴化物(Br)(质量分数)/%	≤	0.005	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	钡(Ba)(质量分数)/%	≤	0.001
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005

表 10.1.105　饲用氯化钠的质量指标（GB/T 23880—2009）

项　　目		指　　标	项　　目		指　　标
氯化钠(以 NaCl 计)(质量分数)/%	≥	95.50	总汞(以 Hg 计)(质量分数)/%	≤	0.1
水分(质量分数)/%	≤	3.20	氟(以 F 计)(质量分数)/%	≤	2.5
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.20	钡(以 Ba 计)(质量分数)/%	≤	15
白度/度	≥	45	镉(以 Cd 计)(质量分数)/%	≤	0.5
粒度(通过 0.71mm 试验筛)(质量分数)/%	≥	85	亚铁氰化钾[以 $[Fe(CN)_5]^{4-}$ 计](质量分数)/%	≤	10
总砷(以 As 计)(质量分数)/%	≤	0.5	亚硝酸盐(以 $NaNO_2$ 计)(质量分数)/%	≤	2
铅(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	2.0			

表 10.1.106 工业氯化钙的质量指标（GB/T 26520—2011）

项目	指标				
	无水氯化钙		二水氯化钙		液体氯化钙
	Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅰ型	Ⅱ型	
氯化钙（$CaCl_2$）（质量分数）/% ≥	94.0	90.0	77.0	74.0	12～40
碱度[以 $Ca(OH)_2$ 计]（质量分数）/% ≤	0.25		0.20		0.20
总碱金属氯化物（以 NaCl 计）（质量分数）/% ≤	5.0		5.0		11.0
水不溶物（质量分数）/% ≤	0.25		0.15		—
铁（Fe）（质量分数）/% ≤	0.006		0.006		—
pH 值	7.5～11.0		7.5～11.0		7.5～11.0
总镁（以 $MgCl_2$ 计）（质量分数）/% ≤	0.5		0.5		0.5
硫酸盐（以 $Ca(SO)_4$ 计）（质量分数）/% ≤	0.05		0.05		0.05
外观	白色粉状、片状或颗粒状固体		白色片状、粉状或颗粒状固体		无色透明液体

用途：主要用作干燥剂、凝析剂、制冷剂，广泛用于冷冻、建筑防冻、橡胶、石油等工业。

表 10.1.107 无水氯化钙的质量指标（HG/T 2327—2004）

项目	指标					
	固体氯化钙					液体氯化钙
	Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型	Ⅳ型	Ⅴ型	
氯化钙（$CaCl_2$）（质量分数）/% ≥	94	90	77	74	68	协商
总碱金属氯化物（以 NaCl 计）（质量分数）/% ≤	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	11.0
总镁（以 $MgCl_2$ 计）（质量分数）/% ≤	0.5					0.5
碱度[以 $Ca(OH)_2$ 计]（质量分数）/% ≤	0.4					0.4
水不溶物（质量分数）/% ≤	0.3					0.1
粒度/% ≤	协商					—
外观	白色、灰白色或稍带黄色、红色的粉状、片状、颗粒状或块状固体					无色透明或稍浑浊

注：如果固体氯化钙产品中氯化钙含量小于 90.5%，则其中杂质指标按下式计算

$$A=\frac{A_1 B}{90.5}$$

式中 A——产品中氯化钙的实际质量分数，%；

B——产品中容许杂质的最高质量分数，%；

A_1——表中规定的各项指标的数值。

用途：是生产钙盐的原料。还是气体的干燥剂，生产醇、醚、酯等产品时的脱水剂，食品工业生产中的凝固剂和螯合剂。

表 10.1.108 工业二水氯化钙的质量指标（HG/T 2327—92）

项目	指标	
	一等品	合格品
二水氯化钙（以 $CaCl_2$ 计）（质量分数）/% ≥	70.0	68.0
镁及碱金属氯化物（以 $NaCl_2$ 计）（质量分数）/% ≤	4.0	5.5
水不溶物（质量分数）/% ≤	0.2	0.3
碱度[以 $Ca(OH)_2$ 计]（质量分数）/% ≤	0.35	0.35
硫酸盐[以 $Ca(SO)_4$ 计]（质量分数）/% ≤	0.2	0.3
外观	灰白色或稍带黄色的片状或块状固体	

用途：用作冷冻剂、防冻剂、汽车防冻液、灭火剂。用于道路融冰和融雪，棉织物的整理和精加工的阻燃剂。用作胶黏剂和木材防腐剂等。

表 10.1.109　食用氯化钙的质量指标（GB 22214—2008）

项目			指标		
			无水氯化钙	二水氯化钙	氯化钙溶液
氯化钙	$CaCl_2$(质量分数)/%		≥93.0	—	38.0～45.0
	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$(质量分数)/%		—	99.0～107.0	—
游离碱[$Ca(OH)_2$](质量分数)/%		≤	0.25	0.15	0.15
镁及碱金属盐(质量分数)/%		≤	5.0	5.0	5.0
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%		≤	0.002	0.002	0.002
铅(Pb)(质量分数)/%		≤	0.0005	0.0005	0.0005
砷(As)(质量分数)/%		≤	0.0003	0.0003	0.0003
氟(F)(质量分数)/%		≤	0.004	0.004	0.004
外观			白色灰白色或略带黄色的块状		无色透明或微浊液体

表 10.1.110　食用氯化镁的质量指标（GB 25584—2010）

项目			指标	项目		指标
氯化镁(质量分数)/%	以 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 计	≥	99.0	色度/黑曾	≤	30
	以 $MgCl_2$ 计	≥	46.4	铅(Pb)/(mg/kg)	≤	1
钙(Ca)(质量分数)/%		≤	0.10	砷(As)/(mg/kg)	≤	0.5
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%		≤	0.40	铵(NH_4)/(mg/kg)	≤	50
水不溶物(质量分数)/%		≤	0.10	外观:白色片状或粒状结晶		

表 10.1.111　食用氯化镁的质量指标（QB/T 2604—2003）

项目		指标	项目		指标
氯化镁(以 $MgCl_2$ 计)(质量分数)/%	≥	46.0	色度/度	≤	40
钙离子(以 Ca^{2+} 计)(质量分数)/%	≤	0.10	铅(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	3.0
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/%	≤	0.80	砷(以 As 计)/(mg/kg)	≤	0.5
碱金属氯化物(以 Cl^- 计)(质量分数)/%	≤	0.40	铵(以 NH_4 计)/(mg/kg)	≤	50
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.10	外观:白色片状或粒状结晶		

注：1mg 铅在 1L 水中所具有的色度为 1 度。

表 10.1.112　工业六水氯化镁的质量指标（QB/T 3076—1999）

项目		指标		
		白色氯化镁	普通氯化镁一级	普通氯化镁二级
$MgCl_2$/%	≥	46.00	45.00	43.00
钙离子(Ca^{2+})/%	≤	0.14	0.14	0.14
硫酸根离子(SO_4^{2-})/%	≤	1	2.80	3.50
碱金属氧化物(以 Cl^- 计)/%	≤	0.60	0.90	1.20
水不溶物/%	≤	0.20	0.20	0.20
色度/号数	≤	50	50	50
外观		白色	浅黄色至浅棕色固体	

注：规定 1mg 铂在 1L 水中所具有的色度为 1 度。

用途：制造耐火材料和砌炉臂的黏合剂，也是制造二号熔剂和冶炼金属镁的原料。制作各种镁盐和防冻剂的原料。用做防冻剂、蛋白质凝固剂或部分食品的添加剂等。

表 10.1.113　菱镁制品用工业氯化镁的质量指标（WB/T 1018—2002）

单位:%（质量分数）

项目		指标	项目		指标
氯化镁($MgCl_2$)	≥	45.00	氯化钙($CaCl_2$)	≤	1.00
氯化钠(NaCl)	≤	1.50	硫酸根离子(SO_4^{2-})	≤	3.00
氯化钾(KCl)	≤	0.70			
外观		白色或灰白色也或黄褐色,产品应呈碎片状或颗粒状			

用途：与菱苦土制成镁氧水泥和人造大理石等。

表 10.1.114 试剂用六水合氯化镁的质量指标（GB/T 672—2006）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$(质量分数)/%	≥	99.0	98.0	98.0
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～6.5	5.0～6.5	5.0～6.5
澄清度试验(HG3-1168)	≤	2号	3号	5号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.01
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.01	0.05	0.10
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
钡和锶(以 Ba 计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.005
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001

表 10.1.115 氯化银的质量指标（HG 3943—76）

项目		指标	项目		指标
氧化银(Ag_2O)(质量分数)/%	>	99	硝酸盐(NO_3^-)(质量分数)/%	<	0.01
澄清度试验		合格	盐酸不沉淀物(质量分数)/%	<	0.10
硝酸不溶物(质量分数)/%	<	0.03	干燥失重(质量分数)/%	<	0.25
游离碱(NaOH)(质量分数)/%	<	0.02	外观		棕褐色结晶

用途：分析试剂。光谱分析中用作缓冲剂，以提高稀土元素的灵敏度。光度测定。照相。电镀。

表 10.1.116 工业氯化铵的质量指标（GB 2946—2008）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氯化铵(NH_4Cl,以干基计)(质量分数)/%	≥	99.5	99.3	99.0
水分(质量分数)/%	≤	0.5	0.7	1.0
灼烧残渣(质量分数)/%	≤	0.4	0.4	0.4
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0007	0.0010	0.0030
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.0010
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	—
pH 值	≤	4.0～5.8	4.0～5.8	4.0～5.8

注：当用户有特殊要求时，水分指标可由供需双方协商解决。

用途：主要用于电池、电镀、染织、铸造、医药、化工中间体等方面；用作染色助剂、电镀浴添加剂、金属焊接助熔剂；也用于镀锡和镀锌、医药、制蜡烛、黏合剂、渗铬、精密铸造和制造干电池和蓄电池及其他铵盐等。

表 10.1.117 小联碱农业氯化铵的质量指标（HG 3281—1990）

项目		指标			
		干燥氯化铵		湿氯化铵	
		一等品	合格品	一等品	合格品
总氮含量(以湿基计)(质量分数)/%	≥	24.5	24.0	23.5	22.5
钠盐含量(以 Na 计)(质量分数)/%	≤	1.3	1.9	1.2	1.8
水分(质量分数)/%	≤	1.0	1.5	6.0	8.0
外观		白色或微黄色结晶			

注：水分以出厂检验结果为准，钠盐含量以湿基计。

表 10.1.118　试剂用氯化铵的质量指标（GB/T 658—2006）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
NH_4Cl(质量分数)/%	≥	99.8	99.5	98.5
pH值(50g/L,25℃)		4.5～5.5	4.5～5.5	4.5～5.5
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2号	3号	5号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	0.05
硫酸盐(SO_4^{2-})(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.005
磷酸盐(PO_4^{3-})(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	—
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	—
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
镍(Ni)(质量分数)/%	≤	0.0001	—	—
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0002	—	—
锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.0002	—	—
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0001	—	—

表 10.1.119　工业氯化钡的质量指标（GB 1617—2002）

项　　目		指　　标			
		Ⅰ类	Ⅱ类		
			优等品	一等品	合格品
氯化钡($BaCl_2\cdot 2H_2O$)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	98.0	97.0
锶(Sr)(质量分数)/%	≤	0.05	0.45	0.90	—
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.030	0.036	0.090	—
硫化物(以S计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.008	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.003	0.02
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.10	0.20
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.10	—	—	—
外观		白色片状或粉状结晶			

注：如用户对Ⅱ类中的锶的含量另有要求，由供需双方协商解决。

用途：制烧碱、除硫酸根、金属热处理、颜料、医药杀虫剂、陶瓷等。

表 10.1.120　试剂用氯化钡的质量指标（GB/T 652—2003）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量($BaCl_2\cdot 2H_2O$)(质量分数)/%	≥	99.5	99.5	99.0
pH值(50g/L溶液,25℃)		5.0～7.0	5.0～7.0	5.0～7.0
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	2号	4号	6号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.05
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	0.01
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.01	0.05	0.1
锶(Sr)(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.1
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.00005	0.0001	0.0002
重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001

表 10.1.121 工业无水氯化铝的质量指标（GB/T 3959—2008）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氯化铝($AlCl_3$)/%	≥	99.2	98.8	98.5
铁(以 $FeCl_3$ 计)/%	≤	0.04	0.05	0.08
水不溶物/%	≤	0.05	0.10	0.30
重金属(以 Pb 计)/%	≤	0.006	0.02	0.04
游离铝/%	≤	0.010	—	—
外观		淡黄、黄色或微灰的颗粒或粉末，不应有大于 10mm 的块状物		

用途：用作有机合成催化剂，制造农药、有机铝化合物、有机颜料、乙基苯催化剂、分析试剂和脱水剂等。食品级产品用作膨松剂、防变色剂及果胶絮凝剂。

表 10.1.122 工业结晶氯化铝的质量指标（HG/T 3251—2010）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
结晶氯化铝($AlCl_3 \cdot 6H_2O$)(质量分数)/%	≥	97.5	95.5	93.0
氧化铝(Al_2O_3)(质量分数)/%	≤	20.5	20.0	19.6
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.002	0.010	0.050
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.025	0.10	0.10
外观		白色晶体	淡黄色至黄色晶体	

用途：主要用于精密铸造模壳的硬化剂。也用作木材防腐剂、造纸施胶沉淀剂，是石油工业加氯裂化催化剂单体的原料。用于羊毛精制（用碳化清除植物纤维），氢氧化铝胶凝生产，还用于染色和医药工业。

表 10.1.123 六水氯化铝的质量指标（GB/T 3251—2002）

项目		指标		项目		指标	
		一等品	合格品			一等品	合格品
六水氯化铝($AlCl_3 \cdot 6H_2O$)(质量分数)/%	≥	95.5	92.5	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.10	0.10
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.025	0.035	外观		无色或淡黄晶体	

用途：用于铸造中的硬化剂以及石油工业中加氯裂化催化剂单体的原料。

表 10.1.124 水处理用结晶氯化铝的质量指标（HG/T 3541—90）

项目		指标		项目		指标	
		一等品	合格品			一等品	合格品
结晶氯化铝($AlCl_3 \cdot 6H_2O$)(质量分数)/%	≥	95.0	88.5	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.25	1.10	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.002
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.10	0.10	pH 值(1%水溶液)	≤	2.5	2.5
外观		无色或淡黄晶体					

用途：用于饮用水、含高氟水、工业水及含油污水的净化。

表 10.1.125 工业聚氯化铝的质量指标（HG/T 2677—2009）

项目		指标				
		Ⅰ类		Ⅱ类		
		液体	固体	液体	固体	
					优等品	一等品
氯化铝(Al_2O_3)(质量分数)/%	≥	10.0	29.0	8.0	33.0	28.0
密度(20℃)/(g/cm^3)	≥	1.160	—	1.050	—	—
盐基度/%		35～85	40～85	40～95	40～95	40～95
pH 值(10g/L 溶液)		3.0～5.0	3.0～5.0	3.0～5.0	3.0～5.0	3.0～5.0
不溶物(质量分数)/%	≤	0.10	0.30	0.2	0.3	1.0
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.015	—	—	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.003	0.010	—	—	—

续表

项　目	指　标				
	Ⅰ　类		Ⅱ　类		
	液体	固体	液体	固　体	
				优等品	一等品
外观	一般工业用：液体为黄色至淡黄褐色，透明；固体为黄色粉末 造纸工业用：液体为无色或者微黄色，透明；固体为白色或微黄色粉末				

用途：是絮凝剂，主要用于净化饮用水和给水的特殊水质处理，如除铁、除氟、除镉、除放射性污染、除漂浮油等。也用于工业废水处理，如印染废水等。此外，还用于精密铸造、医药、造纸橡胶、制革、石油、化工、染料。

表 10.1.126　生活饮用水用聚氯化铝的质量指标（GB 15892—2009）

项　目		指　标		项　目		指　标
		液体	固体			液体、固体
氧化铝（Al_2O_3）（质量分数）/%	≥	10.0	29.0	砷（As）（质量分数）/%	≤	0.0002
盐基度/%		40～90	40～90	铅（Pb）（质量分数）/%	≤	0.001
相对密度（20℃）	≥	1.12	—	镉（Cd）（质量分数）/%	≤	0.0002
不溶物（质量分数）/%	≤	0.2	0.6	汞（Hg）（质量分数）/%	≤	0.00001
pH值（1%水溶液）		3.5～5.0	3.5～5.0	六价铬（Cr^{6+}）（质量分数）/%	≤	0.0005

注：液体产品所列 As、Pb、Cd、Hg、Cr^{6+}、不溶物指标均按 Al_2O_3 10%计算，Al_2O_3≥10%时，应按实际含量折算成 Al_2O_3 10%产品比例计算各项杂质指标。

表 10.1.127　水处理用聚氯化铝的质量指标（GB/T 22627—2008）

项　目		指　标		项　目		指　标	
		液体	固体			液体	固体
氧化钴以（Al_2O_3计）（质量分数）/%	≥	6.0	28.0	铁（Fe）（质量分数）/%	≤	2.0	5.0
盐基度/%		30～95		砷（As）（质量分数）/%	≤	0.0005	0.0015
密度（20℃）/（g/cm³）	≥	1.10	—	铅（Pb）（质量分数）/%	≤	0.002	0.006
不溶物（质量分数）/%	≤	0.5	1.5	外观		黄色至黄褐色	黄色至黄褐色颗粒或粉末
pH值（10g/L水溶液）		3.5～5.0					

注：表中液体产品所列不溶物、铁、砷和铅的质量分数均指 Al_2O_3 10%的产品含量，当 Al_2O_3 含量不等于10%时，应按实际含量折算成 Al_2O_3 10%产品比例计算出相应的质量分数。

表 10.1.128　工业级氯化铁的质量指标（GB 1621—2008）

项　目		指　标		
		无水氯化铁		氯化铁溶液
		一等品	合格品	
氯化铁（$FeCl_3$）（质量分数）/%	≥	96.0	93.0	38.0
氯化亚铁（$FeCl_2$）（质量分数）/%	≤	2.0	4.0	0.4
不溶物（质量分数）/%	≤	1.5	3.0	0.5
游离酸（以HCl计）（质量分数）/%	≤	—	—	0.5
密度（25℃）/（g/cm³）	≥	—	—	1.4
外观		无水氯化铁为褐绿色晶体；氯化铁溶液为棕红色液体		

用途：用于饮用水的净化和工业污水的处理；染料工业的氧化剂和媒染剂；有机合成工业的催化剂、氧化剂；照相、线路板、铜板铜字制作的蚀刻剂；制造铁盐、颜料、墨水、医药的原料；银矿和铜矿中用作氯化浸取剂等。

表 10.1.129　水处理用氯化铁的质量指标（GB 4482—2006）

项　目		指　标			
		一类		二类	
		固体	液体	固体	液体
氯化铁（$FeCl_3$）（质量分数）/%	≥	96.0	41.0	93.0	38.0
氯化亚铁（$FeCl_2$）（质量分数）/%	≤	2.0	0.30	3.5	0.40

续表

项目	指标			
	一类		二类	
	固体	液体	固体	液体
不溶物(质量分数)/% ≤	1.5	0.50	3.0	0.50
游离酸(以 HCl 计)(质量分数)/% ≤	—	0.40	—	0.50
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0004	0.0002	—	—
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.002	0.001	—	—
汞(Hg)(质量分数)/% ≤	0.00002	0.00001	—	—
镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.002	0.001	—	—
铬(Cr^{6+})(质量分数)/% ≤	0.001	0.0005	—	—
外观	固体为褐色晶体;溶液为红褐色液体			

用途：主要用作饮用水的净水剂和废水的处理剂等。

表 10.1.130 净水用液态三氯化铁的质量指标（GB 4482—93）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
氯化铁($FeCl_3$)/% ≥	44.0	41.0	38.0
氯化亚铁($FeCl_2$)/% ≤	0.20	0.30	0.40
水不溶物/% ≤	0.40	0.50	0.50
砷(As)/% ≤	0.002	0.002	0.002
铅(Pb)/% ≤	0.004	0.004	0.004
外观	红棕色液体	红棕色液体	红棕色液体

用途：饮用水的净水剂。

表 10.1.131 精制氯化钴的质量指标（GB/T 26525—2011）

项目	指标		项目	指标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
钴(Co)(质量分数)/% ≥	24.5	24.0	镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.0050	0.050
镍(Ni)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.0050	0.050
锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050	铬(Cr)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0020
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050	汞(Hg)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.010
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050	油分(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010
镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050	外观	红色或紫红色结晶	
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050			

用途：制取氧化钴和金属钴，用作玻璃和陶瓷着色剂、电镀、涂料催干剂、氨气吸收等。

表 10.1.132 饲用氯化钴的质量指标（HG 2938—2001）

项目	指标	项目	指标
氯化钴($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)(质量分数)/% ≥	96.8	砷(As)(强制)(质量分数)/% ≤	0.0005
钴(Co)(质量分数)/% ≥	24.0	铅(Pb)(强制)(质量分数)/% ≤	0.001
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.03	细度(通过 800μm 试验筛)/% ≥	95
外观	红色或红紫色结晶		

用途：在饲料加工中作为钴的补充剂。

表 10.1.133　试剂用六水合氯化钴的质量指标（GB/T 1270—1996）

项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯	项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯
含量($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)(质量分数)/% ≥	99.0	≥98.0	镍(Ni)(质量分数)/% ≤	0.03	0.05
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02	锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.002	0.05
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.02	0.05	硫化铵不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.2	0.3
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02			
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002	外观	红色或红紫色结晶	

表 10.1.134　工业氯化锌的质量指标（HG/T 2323—2004）

项　　目	指标 Ⅰ类(电池工业用固体) 优等品	Ⅰ类 一等品	Ⅱ类(一般工业用固体) 一等品	Ⅱ类 合格品	Ⅲ类(液体，一等品电池工业用，合格品一般工业用) 一等品	Ⅲ类 合格品
氯化锌($ZnCl_2$)(质量分数)/% ≥	96.0	95.0	95.0	93.0	40.0	40.0
酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.02	0.05	0.05	—	—
碱式盐(以 ZnO 计)(质量分数)/% ≤	2.0		2.0	2.0	0.85	—
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.01		0.01	0.05	0.004	
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005		0.001	0.003	0.0002	
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0005		0.001		0.0002	
碱和碱土金属(质量分数)/% ≤	1.0		1.5		0.5	
锌片腐蚀试验	通过		通过		通过	
pH 值	—		—		3～4	
外观	固体为白色粉末或小颗粒，液体无色透明					

用途：用作脱水剂、催化剂、媒染剂、上浆剂、增重剂、防腐剂，还用于电镀、染料、医药、农药等工业。

表 10.1.135　试剂用氯化锌的质量指标（HG/T 2760—1996）

项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯	项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯
含量($ZnCl_2$)(质量分数)/% ≥	98.0	98.0	铵盐(NH_4)(质量分数)/% ≤	0.005	—
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	2 号	4 号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
稀盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.002	0.01
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	碱式盐(以 ZnO 计)(质量分数)/% ≤	1.2	2.4
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.003	0.006	硫化铵不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.1	0.3

表 10.1.136　试剂用二水合氯化铜的质量指标（GB/T 15901—1995）

项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯	项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯
$CuCl_2 \cdot 3H_2O$ ≥	99.0	98.0	砷(As) ≤	0.0002	0.0005
水不溶物 ≤	0.005	0.02	铁(Fe) ≤	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4) ≤	0.003	0.01	镍(Ni) ≤	0.001	—
硝酸盐(NO_3) ≤	0.01	0.03	硫化氢不沉淀物(以硫酸盐计) ≤	0.05	0.2

用途：用于实验、制备、分析、测试、检测和工业电镀。

表 10.1.137　精制氯化亚铜的质量指标（HG/T 2960—2010）

项　　目	指　标	项　　目	指　标
氯化亚铜(以 CuCl 计)(质量分数)/% ≥	98.0	硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.03
二价铜(以 $CuCl_2$ 计)(质量分数)/% ≤	0.6	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0010
酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0015
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.003	锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.0015

续表

项目	指标	项目	指标
镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0010	外观	白色或灰白色粉末，带有松块
铬(Cr)(质量分数)/% ≤	0.0010		

用途：电池和染料生产，有机合成，用作防腐剂、杀虫剂等。

表 10.1.138 试剂用氯化亚铜的质量指标（HG/T 3489—2000）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
氯化亚铜(CuCl)(质量分数)/% ≥	97.0	93.0	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005
酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.2	0.4	硫化氢不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.15	0.30

表 10.1.139 饲用碱式氯化铜的质量指标（GB/T 21696—2008）

项目	指标	项目	指标
碱式氯化铜[$Cu_2(OH)_3Cl$](质量分数)/% ≥	98.0	镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0003
		酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.2
铜(以 Cu 计)(质量分数)/% ≥	58.12	细度(通过孔径为 250μm 试验筛)/% ≥	95.0
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.002	外观	墨绿和浅绿色粉末或颗粒
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.001		

用途：是动物饲料的新型、高效铜元素补充剂。

表 10.1.140 氯化亚锡的质量指标（HG/T 2526—2007）

项目	指标		项目	指标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
氯化亚锡($CuCl \cdot 2H_2O$)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.005	0.010
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.05	0.10	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.02	0.04
砷(As) ≤	0.001	0.005	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
外观	无色或白色单斜晶系结晶				

用途：是生产锡酸盐的主要原料。还用于制造染料中间体的还原剂，用作漂白剂、机械零件的镀锡、镀铜锡等。

表 10.1.141 试剂用二水合氯化亚锡（Ⅱ）的质量指标（GB/T 638—2007）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量($SnCl_2 \cdot 2H_2O$)(质量分数)/% ≥	98.0	97.0	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	3号	5号	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0002
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.003	0.01	硫化氢不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.02	0.1
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.003	0.01			

表 10.1.142 试剂用结晶四氯化锡的质量指标（HG/T 3488—2003）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量($SnCl_4 \cdot 5H_2O$)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	锑(Sb)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
澄清度试验(HG/T 3484) ≤	4号	6号	硫化氢不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.05	0.1
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01			
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	外观	白色吸水性块状结晶	
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002			

表 10.1.143　无水氯化锂的质量指标（GB/T 10575—2007）

牌号	LiCl(质量分数)/%　≥	杂质(质量分数)/%　≤								白度/%　≥
		Na	K	Fe_2O_3	$CaCl_2$	$MgCl_2$	SO_4	H_2O	盐酸不溶物	
LiCl-T	99.3	0.003	0.001	0.0015	0.01	0.0024	0.002	0.40	0.003	60
LiCl-0	99.3	0.02	0.02	0.002	0.02	—	0.003	0.60	0.005	60
LiCl-1	99.0	0.025	0.025	0.002	0.02	—	0.01	0.80	0.01	60
外观		白色，有流动性，不得有目视可见的机械杂质								

用途：主要用于制冷剂，还可作助焊剂、干燥剂等。

表 10.1.144　试剂用氯化锂的质量指标（HG/T 3482—2003）

项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯	项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯
含量($LiCl \cdot H_2O$)(质量分数)/%　≥	97.0	97.0	钠(Na)(质量分数)/%　≤	0.03	0.1
pH值(50g/L,25℃)	4.5～7.5	4.5～7.5	镁(Mg)(质量分数)/%　≤	0.002	0.005
澄清度试验(HG/T 3484)　≤	4号	6号	钾(K)(质量分数)/%　≤	0.03	0.05
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.005	0.02	钙(Ca)(质量分数)/%　≤	0.005	0.02
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%　≤	0.01	0.02	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.001	0.003
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/%　≤	0.002	0.005	钡(Ba)(质量分数)/%　≤	0.005	0.01
铵(NH_4)(质量分数)/%　≤	0.002	0.005	重金属(以Pb计)(质量分数)/%　≤	0.001	0.005
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%　≤	0.001	0.003			

表 10.1.145　化学试剂氯化汞的质量指标（HG/T 3468—2000）

项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯	项　　目	指标 分析纯	指标 化学纯
氯化汞($HgCl_2$)(质量分数)/%　≥	99.5	99.0	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0003	0.001
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.01	0.03	澄清度试验(HG/T 3484)　≤	4号	6号
灼烧残渣(质量分数)/%　≤	0.02	0.04	外观	无色斜方晶或白色粉末	

用途：制造氯化亚汞和其他汞盐的原料。医药工业用作防腐剂、消毒剂，还用于农药、涂料、冶金和染色的媒染剂、分析试剂。

表 10.1.146　工业氯化锰的质量指标（HG/T 3816—2006）

项　　目	一类(四水氯化锰) 一等品	一类(四水氯化锰) 合格品	二类(无水氯化锰) 一等品	二类(无水氯化锰) 合格品
主含量(质量分数)/%　≥	99.0	99.0	698.0	97.0
硫酸盐(以SO_4计)(质量分数)/%　≤	0.01	0.02	0.01	0.02
铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.002	0.01	0.002	0.01
重金属(以Pb计)(质量分数)/%　≤	0.001	0.01	0.001	0.01
镍(Ni)(质量分数)/%　≤	0.01	0.02	0.01	0.02
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.02	0.06	0.02	0.06
水分(质量分数)/%　≤	—	—	1.0	2.0
外观	玫瑰色针状结晶粉末		玫瑰色疏松块状固体	

用途：适用于医药合成及饲料辅助剂、分析试剂、染料和颜料制造。镁合金、铝合金冶炼，制药和干电池制造。在农业上还用做微量元素肥料。

表 10.1.147　氯化镍的质量指标（HG/T 2771—2009）

项　　目	指标 优等品	指标 一等品	项　　目	指标 优等品	指标 一等品
镍(Ni)(质量分数)/%　≤	24.0	2.38	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0010	0.0020
钴(Co)(质量分数)/%　≤	0.001	0.005	铜(Cu)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.0020
锌(Zn)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.0010	铅(Pb)(质量分数)/%　≤	0.0010	0.0020

续表

项目	指标		项目	指标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
镉(Cd)/% ≤	0.0005	0.0010	硝酸盐(以 CrO_4计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.001
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0020	汞(Hg)(质量分数)/%	0.0005	0.0005
铬(Cr)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010	锰(Mn)(质量分数)/%	0.0005	0.0010
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	外观	绿色结晶体或半融化状态	

用途：在快速镀镍中作阳极活化剂，在工业或防毒面具中用做氨吸收剂。还用于制造催化剂、防腐剂、干电池和其他镍盐等。

表 10.1.148 试剂用六水合氯化镍的质量指标（GB/T 15355—2008）

项目	指标		
	优级纯	分析纯	化学纯
含量($NiCl_2\cdot 6H_2O$)(质量分数)/% ≥	98.0	98.0	97.0
pH 值(50g/L,25℃)	4.0～6.0	4.0～6.0	4.0～6.0
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.005	0.01
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	0.01
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.003	0.005	0.01
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	0.02
钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	0.02
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	0.002
钴(Co)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	0.05
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002	0.005
锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005	0.02
铅(pb)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002	0.005
外观	绿色结晶	绿色结晶	绿色结晶

表 10.1.149 精制氯化镍的质量指标（GB/T 26522—2011）

项目	指标		项目	指标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
镍(Ni)(质量分数)/% ≥	24.0	23.8	镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010
钴(Co)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0050	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0020
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010	铬(Cr)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0020	汞(Hg)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0010	硫酸盐(以 SO_4计)(质量分数)/% ≤	0.5	0.5
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0010	0.0020	外观	绿色结晶或熔融状态	

用途：一般用于电镀，也可作防腐剂及氨吸收剂。

表 10.1.150 四氯化钛的质量指标（YS/T 655—2007）

级别	化学成分(质量分数)/%				色度
	$TiCl_4$≥	$SiCl_4$≤	$VOCl_3$≤	$FeCl_3$≤	≤
一级	99.96	0.01	0.0012	0.001	5mg $K_2Cr_2O_7$/L
二级	99.94	0.01	0.0024	0.002	5mg $K_2Cr_2O_7$/L
三级	99.92	0.03	0.0024	0.003	8mg $K_2Cr_2O_7$/L

注：四氯化钛的质量分数为100%减去杂质实测值总和后的余量。

表 10.1.151 饲用碱式氯化锌的质量指标（GB/T 22546—2008）

项目	指标	项目	指标
碱式氯化锌[$Zn_5Cl_2(OH)_8 \cdot H_2O$]（质量分数）/% ≥	98.0	氯（Cl）（质量分数）/% ≤	12.00～12.86
水溶性氯化物（以Cl计）（质量分数）/% ≤	0.65	砷（As）（质量分数）/% ≤	0.0005
细度（通过孔径为0.1mm试验筛）（质量分数）/% ≥	99.0	铅（Pb）（质量分数）/% ≤	0.0008
锌（Zn）（质量分数）/% ≥	58.06	镉（Cd）（质量分数）/% ≤	0.0005

表 10.1.152 氯化镓的质量指标　　单位：μg/g

项目	指标	项目	指标	项目	指标
Mg	<0.5	Cu	<0.2	Fe	<1.0
Ti	<1.0	Zn	<0.9	Ca	<1.0
Cr	<0.2	Sn	<0.5	Al	<2.0
Mn	<0.5	Pb	<0.2	In	<0.05
Ni	<0.5	Bi	<0.2		

用途：主要用于医药、基本粒子研究、氯化镓和二丁基膦酸混合在100～250℃下用做环氧化物聚合的催化剂。

表 10.1.153 试剂用三氯化锑的质量指标（HG/T 3464—2003）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
三氯化锑（$SbCl_3$）（质量分数）/% ≥	99.0	98.0	铁（Fe）（质量分数）/% ≤	0.002	0.005
盐酸不溶物（质量分数）/% ≤	0.005		砷（As）（质量分数）/% ≤	0.005	0.03
硫化氢不沉淀物（以硫酸盐计）（质量分数）/% ≤	0.2	0.4	澄清度试验（HG/T 3484）	4号	6号
			无水乙醇溶解度	试验合格	试验合格

用途：氯化反应催化剂；媒染剂；阻燃剂。制造其他锑盐。分析化学用。还用作防腐剂和医药等。用于制造色淀。

表 10.1.154 氯化钯的质量指标（GB/T 8185—2004）

规格	化学纯	分析纯	规格	化学纯	分析纯
$PdCl_2$（质量分数）/% ≥	99.0	99.5	Ir（质量分数）/% ≤	0.01	0.005
Pt（质量分数）/% ≤	0.01	0.005	Ni（质量分数）/% ≤	0.01	0.005
Au（质量分数）/% ≤	0.01	0.005	Pb（质量分数）/% ≤	0.005	0.003
Rh（质量分数）/% ≤	0.01	0.005	NO_3^-（质量分数）/% ≤	0.05	0.01
Fe（质量分数）/% ≤	0.01	0.005	外观	红褐色结晶粉末	

用途：用于医药、瓷器、照相、镀钯、测定一氧化碳等。

表 10.1.155 二氯二氨钯的质量指标（GB/T 26288—2010）

项目	钯（Pd）（质量分数）/% ≥	杂质元素（质量分数）/% ≤					
		银（Ag）	金（Au）	铂（Pt）	铑（Rh）	铱（Ir）	铅（Pb）
指标	49.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

项目	杂质元素（质量分数）/% ≤					
	镍（Ni）	铜（Cu）	铁（Fe）	锡（Sn）	铬（Cr）	总量
指标	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.1

项目	顺式二氯二氨钯	反式二氯二氨钯
溶解试验	水溶解试验合格	稀氨水溶解试验合格
外观	黄褐色针状柱状结晶	黄色粉末状结晶

用途：作电镀试剂，是合成多种钯化合物的原料，大量用来配制钯镀槽液。

表 10.1.156 试剂用氯化镉的质量指标（GB/T 1285—94）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
pH 值(50g/L,25℃)	4.0～6.5	4.0～6.5	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	4 号	6 号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.001
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02	锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.002	0.01
总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02

用途：作分析试剂，用于分析硫化物时吸收硫化氢，检定吡啶基。也是用于照相、复写纸的药剂。

表 10.1.157 固体三氯化钌的质量指标（HG/T 3679—2000）

单位：%（质量分数）

项目	指标		项目	指标	
	Ⅰ型	Ⅱ型		Ⅰ型	Ⅱ型
钌(Ru)含量	35.0～38.0		钙(Ca) ≤	0.012	0.015
杂质含量			镁(Mg) ≤	0.006	0.008
铁(Fe) ≤	0.012	0.015	铜(Cu) ≤	0.006	0.008
钠(Na) ≤	0.012	0.015	正丁醇不溶物 ≤	0.5	0.8

用途：供制试剂用，精密合金、电子及仪表等用。

表 10.1.158 液体三氯化钌的质量指标（HG/T 3679—2000）

项目	指标	项目	指标
钌(Ru)含量/(g/L)	120+5	钙(Ca)/(mg/L) ≤	45
杂质含量		镁(Mg)/(mg/L) ≤	20
铁(Fe)/(mg/L) ≤	45	铜(Cu)/(mg/L) ≤	20
钠(Na)/(mg/L) ≤	45	盐酸(HCl)/(g/L)	70+5

注：钌（Ru）及盐酸（HCl）的含量，由供需双方协商。

表 10.1.159 电解槽金属阳极涂层用三氯化钌的质量指标（HG/T 3679—2000）

固体三氯化钌				液体三氯化钌		
项目		指标		项目		指标
		Ⅰ型	Ⅱ型			
钌含量(Ru)(质量分数)/%		35.0～38.0	35.0～38.0	钌含量(Ru)/(g/L)		120±5
杂质含量（质量分数）/% ≤	铁(Fe)	0.012	0.015	杂质含量/(mg/L) ≤	铁(Fe)	45
	钠(Na)	0.012	0.015		钠(Na)	45
	钙(Ca)	0.012	0.015		钙(Ca)	45
	镁(Mg)	0.006	0.008		镁(Mg)	20
	铜(Cu)	0.006	0.008		铜(Cu)	20
正丁醇不溶物		0.5	0.8		盐酸(HCl)	70±5
外观		灰褐色或暗红色		外观	红棕色	

注：液体的钌（Ru）和盐酸（HCl）的含量也可由供需双方协商。

10.2 氯 酸 盐

10.2.1 物 性 总 览

表 10.2.1 氯酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgClO	次氯酸银	159.32	白	晶	极不稳定		//60		—	+130℃	(即使在暗处也会部分分解，含 AgO 例外)			
$AgClO_2$	亚氯酸银	175.34	黄	晶					—		(加热至 105℃ 或受撞击时发生爆炸)			
$AgClO_3$	氯酸银	191.32	白	四		4430^{20}	230	//270	10^{15}	50^{80}			÷	
$AgClO_4$	高氯酸银	207.32	白	晶	～	2806	//486		525^{20}	625^{35}			+	
$Al(ClO_3)_3$	氯酸铝	277.34	白	团	～				++				+	
$Ba(ClO)_2$	次氯酸钡	240.27	无				//235							
$Ba(ClO)_2 \cdot 2H_2O$	次氯酸钡·2水	276.28	无	晶				//						
$Ba(ClO_3)_2$	氯酸钡	304.24	无				414		20.4	84.8^{80}				
$Ba(ClO_3)_2 \cdot H_2O$	氯酸钡·1水	322.25	无	单	1.577	3179	$-H_2O$ 120	熔解 400	表 10.2.20		÷Cl		÷	÷丙酮
$Ba(ClO_4)_2$	高氯酸钡	336.24	无	六或白粉	≈	3200	505		205.8	562.3			++	−乙醚；++丙酮
$Ba(ClO_4)_2 \cdot 3H_2O$	高氯酸钡·3水	390.30	无	六	1.5330	2740	//400		198^{33}	+			124^{62}	
$BeCl_2 \cdot 4H_2O$	氯化铍·4水	151.99		晶					+++	+++			+	
Ca(ClO)Cl	次氯酸氯化钙	126.99	白	粉										
$Ca(ClO)_2$	次氯酸钙	142.98	白	粉	1.545	2350	//100		5		↑Cl_2			
$Ca(ClO)_2 \cdot 3H_2O$	次氯酸钙·3水	197.03	白	四	1.535	2100	$-3H_2O$ 60		27.8					
$Ca(ClO_2)_2$	亚氯酸钙	174.98	白	立		2710			//					
$Ca(ClO_2)_2 \cdot 4H_2O$	次氯酸钙·4水	215.05	白	羽	～		//		+//	//	//	//		
$Ca(ClO_3)_2$	氯酸钙	206.99	白	晶	～		340		+				+	+丙酮
$Ca(ClO_3)_2 \cdot 2H_2O$	氯酸钙·2水	243.01	白黄	单	～	2711	$-H_2O$>100		177.7^{8}				+	+丙酮
$Ca(ClO_4)_2$	高氯酸钙	238.99	无						188.6^{25}	+++			166.2^{25}	÷乙醚
$Cd(ClO_3)_2 \cdot 2H_2O$	氯酸镉·2水	315.35	无	角	～	2300	80		表 10.2.20		+	+丙酮	++	+其 80℃结晶水
$Co(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸钴·6水	333.93	红	八	≈ 1.55	1920	50	//100	表 10.2.20				+	+其 61℃结晶水
$Co(ClO_4)_2$	高氯酸钴	257.85	红	针	1.510	3327			100	115^{45}			+	+丙酮
$Co(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高氯酸钴·6水	365.95	红	六	1.55		143		+	+			+++	
$CoPtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸钴·6水	574.83		三		2699	//							
$Cr(ClO_3)_3$	氯酸铬	302.36	紫(65℃时绿色)						++					

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密　度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
CrO_2Cl	次氯酸铬	154.92	深红	液		1910^{25}	−96.5	117	//		＋氯仿	×氨、氟		＋CS_2、CCl_4、苯
$CsClO_4$	高氯酸铯	232.37	无	正	1.479	3327	//		0.8	30		−乙醚	0.011^{25}	÷丙酮 0.15^{25}
$Cu(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸铜·6水	338.53	绿	八	≈		65	//100	表 10.2.20			＋丙酮	＋＋	＋其65℃结晶水
$Cu(ClO_4)_2$	高氯酸铜	262.43		单	1.505	2225^{23}	82.3		＋					
$Cu(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸铜·6水	370.53				2225	82	//120						
$Fe(ClO_3)_3$	氯酸铁	306.21							＋					
$Fe(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高氯酸亚铁·6水	362.84	绿		1.493		//100		98					
$FePtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸亚铁	571.74	黄	六		2714			＋＋					
$Hg(ClO_3)$	氯酸亚汞	284.05	白	斜	易炸	6409	炸 250		＋	//			＋	＋乙酸
$Hg(ClO_3)_2$	氯酸汞	357.52		针		4998	//		25					
$2HgO \cdot Cl_2O_5 \cdot H_2O$	氯酸汞·1水	602.10		针、八	～			//	＋				＋	
$In(ClO_4)_3 \cdot 8H_2O$	高氯酸铟·8水	5512.26	无		～		80	//200	＋	//			＋纯	÷乙醚
$KClO$	次氯酸钾	90.55			仅存溶液中		//		＋＋＋	＋＋＋//				
$KClO_3$	氯酸钾	122.55	无	单	1.517	2320	368	//400	表 10.2.20			＋	0.83	−丙酮；÷甘油 1^{20}
$KClO_4$	高氯酸钾	138.55	无	正、毒	1.474	2524^{11}	610	//400	表 10.2.20				÷÷	①
K_2PtCl_4	四氯铂酸钾	415.11	红棕	四	1.640	3380	//		0.9^{16}	5.2			—	−乙醚
K_2PtCl_6	六氯铂酸钾	485.99	橙黄	立	1.825	3499	//250		0.74	5.2			—	−乙醚
$LiClO_3$	氯酸锂	90.40	无				129	//270	313.5^{18}	＋＋＋				
$LiClO_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	氯酸锂·$\frac{1}{2}$水	99.40		四	～		65	$-\frac{1}{2}H_2O$ 90	＋	∞			＋＋＋	
$LiClO_3 \cdot H_2O$	氯酸锂·1水	108.41		针、八	～			//140	213^{18}				＋＋＋	
$LiClO_4$	高氯酸锂	106.39	无	晶	～	2430	236	//430	表 10.2.20		乙醚 11.4	甲醇 182^{0}	152^{0}	＋丙酮 137^{25}
$LiClO_4 \cdot 3H_2O$	高氯酸锂·3水	160.44	无	六		1840	75	$-3H_2O$ 150	＋	＋		甲醇 0.2^{25}	＋＋＋	＋乙醚、丙酮
$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸镁·6水	299.31	白	正、粉	≈	1800^{25}	35	//120	表 10.2.20				÷	÷丙酮
$Mg(ClO_4)_2$	高氯酸镁	223.22	白	粉	～	2600^{25}	251//		表 10.2.20		乙醚 0.29		24^{25}	＋甲醇 51.8^{25}
$Mg(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高氯酸镁·6水	331.31	白	正	～ 1.482	1970	185		＋＋	＋＋			＋＋	＋其60℃结晶水
$Mn(ClO_3)_2$	氯酸锰	221.85	无		仅存溶液中			受热//	表 10.2.20			＋		
$Mn(ClO_4)_2 \cdot 8H_2O$	高氯酸锰·8水	397.97				1990^{20}								
$NaClO$	次氯酸钠	74.44	浅黄		仅存溶液中		//		26	158^{56}		＋		
$NaClO \cdot 2.5H_2O$	次氯酸钠·2.5水	119.48	无		～		57.5		＋＋					
$NaClO \cdot 5H_2O$	次氯酸钠·5水	164.52	无				24.5		29.3	94.2^{23}				
$NaClO_2$	亚氯酸钠	90.44	白	晶	～		// ＞180		39^{17}	55^{60}				

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$NaClO_3$	氯酸钠	106.44	白	立	毒 1.515	2490^{15}	248	//350	表 12.2.5.3				14.7^{25}	②
$NaClO_4$	高氯酸钠	122.44	白	斜	≈　1.462	2168^{0}	130//	//320	表 10.2.20				14.7^{25}	③
$NaClO_4 \cdot H_2O$	高氯酸钠·1水	140.46	无	六	≈	2020	130	//480	表 10.2.20				+	
$Na_2PtCl_4 \cdot 4H_2O$	氯铂酸钠·4水	454.94	红				100//							
$Na_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸钠·6水	561.88	橘黄	三		2500	$-6H_2O$//		++				++稀	
NH_4ClO_3	氯酸铵	101.49	无	棱		1900	↑100	炸 102	28.7		//强酸		÷	
NH_4ClO_4	高氯酸铵	117.50	无	正	1.483	1950	//		表 10.2.20				2^{20}	一乙醚；+丙酮
$(NH_4)_2OsCl_6$	氯锇酸铵	438.98		立		2930								
$(NH_4)_2PtCl_4$	氯亚铂酸铵	372.97	红	四		2936	//140		+	++				
$(NH_4)_2PtCl_6$	氯铂酸铵	443.87	黄	立	1.8	3065	//		0.7^{15}	1.25			0.005	
$(NH_4)_2SnCl_6$	氯锡酸铵	367.47	淡红	立		2400			33.3^{15}					
$Ni(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸镍·6水	333.70	暗绿	八	≈	2000		//140	表 10.2.20				++	+其 80℃结晶水
$Ni(ClO_4)_2 \cdot 5H_2O$	高氯酸镍·5水	347.68	蓝绿	六					223	274^{45}			+	一氯仿
$Ni(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高氯酸镍·6水	365.70	蓝绿	六	1.55		149		+	+			+	
$Pb(ClO_2)_2$	亚氯酸铅	342.12	黄	单			炸 126		0.059^{20}	0.42		+		
$Pb(ClO_3)_2$	氯酸铅	374.10	白	单、鳞	～	3900		//230	151^{18}				++	
$Pb(ClO_3)_2 \cdot H_2O$	氯酸铅·1水	392.14	白	单	～	4037	//110		151^{18}	171^{80}			+	
$Pb(ClO_4)_2 \cdot 3H_2O$	高氯酸铅·3水	460.17	白	正		2600	//100		499.7^{25}				+	
$RbClO_3$	氯酸铷	168.94		晶		3190			2.14	62.8				
$RbClO_4$	高氯酸铷	184.94		正	1.4701	2900	281	//606	0.5	20		甲醇 0.06	—	一乙醚；÷乙酸 0.1
$Sn(ClO_3)_2$	氯酸亚锡	285.60	无	液	可爆裂				+					
$Sr(ClO_3) \cdot 3H_2O$	氯酸锶·3水	308.57		斜	～			//290	+				—	
$Sr(ClO_3)_2$	氯酸锶	254.53	无	单	～	3100		//120	174.9^{18}	++			+	
$Sr(ClO_3)_2 \cdot 8H_2O$	氯酸锶·8	398.67	白	针					+	+++			+	
$Sr(ClO_4)_2$	高氯酸锶	286.54	无	晶					310^{25}	+++			181	一乙醚；+甲醇 212
$TlClO_2$	氯酸亚铊	287.85		针		5047^{9}			2.8	57.3				
$TlClO_4$	高氯酸亚铊	303.85		正		4860	501	//	6	166.6			÷	
$UO_2(ClO_4) \cdot 4H_2O$	高氯酸双氧铀·4水	541.05					100//							
$Zn(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸锌·6水	340.38	无	单	≈		60	//	145	153^{10}			++	
$Zn(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高氯酸锌·6水	372.36				2252	106	//200						

① 不溶于乙醚，微溶于甲醇 0.105^{20}、乙醇 0.012^{25}、丙酮 0.16^{25}。

② 溶于甘油、液氨、甲醇 51^{25}、丙酮 52^{25}。

③ 极微溶于乙醚，溶于液氨、甲醇 51^{25}、丙酮 52^{25}；遇浓硫酸爆炸。

表 10.2.2 氯酸盐的危险品特性总览

名称	CAS 号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
次氯酸钙	7778-54-3	51043	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R22;R31;R34;R50;R8	S26;S36/37/39;S45;S61
次氯酸钠溶液	7681-52-9	83501	—	不	※	※	—	※	W,P,R,T	8.3	R31;R36/38	S28A;S45;S50A
高氯酸钠	7601-89-0	51018	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R22;R9	S13;S22;S27
高氯酸钡	13465-95-7	51022	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1		
高氯酸钾	7778-74-7	51019	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R22;R9	S13;S22;S27
高氯酸铅	13453-62-8	51024		助	※	※	甲	※	W,T	5.1		
高氯酸铵	7790-98-9	51017	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R9;R44	S14;S16;S27;S36/37
高氯酸银	无	51026	—	助	※	※	乙	※	W,T,P	5.1		
高氯酸锂	7791-03-9	51020		助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R20/22;R36/37/38;R9	S17;S26;S37/39
高氯酸镁	10034-81-8	51021		助	※	※	甲	※	W,T	5.1		
高氯酸钙	13477-36-6	51016	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
氯酸钠	7775-09-9	51030	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R22;R51/53;R9	S13;S17;S46;S61
氯酸钡	13477-00-4	51035	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1		
氯酸钾	3811-04-9	51031	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R20/22;R51/53;R9	S13;S16;S27;S61
氯酸铵	10192-29-7	51029	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1	R9;R44;S14;S16;S27;S36/37	S14;S16;S27;S36/37
氯锇酸铵	12125-08-5	61027		不	※	※		※	S,G,T	6.1	R20/21/22	S24/25
氯酸镁	10326-21-3	51032	—	助	※	※	甲	※	W,T	5.1		

10.2.2 密　　度

表 10.2.3　氯酸钾水溶液的浓度和密度

项　　目	温　度　/℃					
	0	20	40	60	80	100
浓度(质量分数)/%	3.2	6.8	12.2	19.2	72.0	83.0
ρ/(g/cm³)	1.021	1.042	1.073	1.115	1.165	1.219

表 10.2.4　高氯酸钾饱和溶液的浓度和密度

项　　目		温　度　/℃										
		0	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75
浓度	/(g/100g 水)	0.76	1.06	1.35	1.67	2.07	2.57	3.74	5.15	7.30	10.1	11.56
	(质量分数)/%	0.75	1.05	1.33	1.65	2.03	2.50	3.60	4.90	6.80	9.20	10.36
密度/(g/cm³)		1.0050		1.0076	1.0085	1.0096			1.017			1.036
项　　目		温　度　/℃										
		75	80	90	100	120	140	180	200	225	250	265
浓度	/(g/100g 水)	11.56	13.40	17.7	22.2	33.3	48.1	85.2	110.5	150	203	233
	(质量分数)/%	10.36	11.8	15.0	18.2	25.0	32.5	46.0	52.5	60.0	67.0	70.0
密度/(g/cm³)		1.036		1.0681								

表 10.2.5　高氯酸钾水溶液的浓度和密度

(1)　　　　单位：g/m³

浓度(质量分数)/%	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
ρ	1.0004	1.0016	1.0029	1.0041	1.0054	1.0067	1.0079	1.0092	1.0105

(2)　　　　单位：g/m³

温度/℃	浓度(质量分数)/%				温度/℃	浓度(质量分数)/%			
	1	2	3	4		1	2	3	4
0	1.006	1.012	1.019	1.026	40	0.999	1.005	1.012	1.018
10	1.006	1.012	1.019	1.025	60	0.990	0.996	1.002	1.009
20	1.004	1.011	1.017	1.024	80	0.978	0.984	0.991	0.998
30	1.002	1.008	1.015	1.022	100	0.965	0.971	0.977	0.984

表 10.2.6　高氯酸钾在各种有机溶剂中的溶解度（25℃）

项　　目	溶　　剂						
	甲　醇	乙　醇	丙　醇	丁　醇	异丁醇	丙　酮	乙酸乙酯
溶解度(质量分数)/%	0.012	0.105	0.01	0.0045	0.005	0.155	0.0015
ρ/(g/cm³)	0.7852	0.7878	0.8010	0.8060	0.7981	0.7868	0.8945

表 10.2.7　氯酸钠的密度

温度/℃	20	40	60	80	100	120	140
ρ/(g/cm³)	2.489	2.479	2.472	2.464	2.453	2.445	2.436
温度/℃	160	180	200	220	240	260	270
ρ/(g/cm³)	2.427	2.419	2.416	2.370	2.494	2.196	2.095

表 10.2.8 氯酸钠水溶液的浓度和密度

项目	温度/℃							
	−15	0	10	20	25	30	40	50
浓度(质量分数)/%	41.9	44.1	47.4	50.2	51.7	53.1	55.8	58.2
密度/(g/cm³)	1.380	1.389	1.409	1.430	1.440	1.451	1.472	1.493
项目	温度/℃							
	60	70	80	90	100	110	120	122
浓度(质量分数)/%	60.8	63.1	65.4	67.6	69.7	72.0	73.8	74.1
密度/(g/cm³)	1.514	1.536	1.559	1.581	1.604	1.625	1.649	1.654

表 10.2.9 高氯酸钠水溶液的浓度和密度

(1) $t=18℃$

浓度(质量分数)/%	1	2	4	6	8	10	12	14	16
ρ/(g/cm³)	1.005	1.012	1.025	1.038	1.052	1.066	1.080	1.094	1.109
浓度(质量分数)/%	18	20	22	24	26	28	30	32	34
ρ/(g/cm³)	1.124	1.140	1.155	1.172	1.195	1.213	1.231	1.249	1.268

(2) $t=0\sim143℃$

项目	温度/℃								
	0	15	25	30	50	55	75	100	143
浓度(质量分数)/%	62.87	65.63	67.82	70.38	73.26	73.94	75.01	76.75	79.03
ρ/(g/cm³)		1.663	1.683	1.713	1.749	1.756	1.757	1.758	1.789

表 10.2.10 亚氯酸钠水溶液的密度 单位：g/cm³

$NaClO_2$/(g/L)	温度/℃ 25	50	75	$NaClO_2$/(g/L)	温度/℃ 25	50	75
50	1.0326	1.0227	1.0045	250	1.683	1.1551	1.1410
100	1.0677	1.0564	1.0426	300	1.1999	1.1847	1.1704
150	1.1024	1.0907	1.0769	330	1.2172	1.2021	1.1878
200	1.1351	1.1234	1.1095				

表 10.2.11 次氯酸钠浓度与密度（15℃）

浓度/°Bé	ρ/(g/cm³)	每升内含有效氯质量/g	浓度/°Bé	ρ/(g/cm³)	每升内含有效氯质量/g	浓度/°Bé	ρ/(g/cm³)	每升内含有效氯质量/g
0.5	1.0036	1.77	9	1.067	42.90	18	1.142	96.80
1	1.007	5.30	10	1.075	48.57	19	1.152	103.54
2	1.014	9.60	11	1.082	53.34	20	1.162	112.76
3	1.022	13.83	12	1.091	60.28	21	1.172	119.49
4	1.029	18.79	13	1.100	64.53	22	1.180	122.33
5	1.037	22.70	14	1.103	70.21	23	1.190	130.13
6	1.045	28.73	15	1.116	76.94	24	1.200	138.64
7	1.052	32.64	16	1.125	83.68	25	1.210	148.22
8	1.060	37.94	17	1.134	90.78	26.5	1.226	159.92

表 10.2.12 亚氯酸钙的密度（15℃）

m/%	2	4	6	8	10	12
ρ/(g/cm³)	1.017	1.034	1.052	1.070	1.088	1.106

注：成分中含次氯酸钙 89.15%、氯酸钙 0.26%、氯化钙 7.31%、氢氧化钙 2.92%。

10.2.3 黏 度

表 10.2.13 氯酸钠的黏度 单位：mPa·s

温度/℃	260	262	264	266	268	270	272	274	276	278	280	282	284	286
η	7.04	5.82	6.75	6.61	6.48	6.35	6.21	6.07	5.94	5.82	5.74	5.66	5.57	5.43

表 10.2.14 高氯酸钠水溶液的黏度 单位：mPa·s

浓度/(mol/L)	0.000898	0.0100	0.1000	1.0008	1.9975
η	8.905	8.911	8.937	8.339	10.24

表 10.2.15 氯酸钠水溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

浓度/(mol/L)	1.0	0.5	0.25	0.125
$NaClO_3$ 比黏度	1.0901	1.0421	1.0219	1.0117
$NaClO_4$ 比黏度	1.0462	1.0183	1.0096	1.0028

表 10.2.16 氯酸钠水溶液的比黏度

(1) 25℃

项目	浓度/(mol/L)										
	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
$\rho/(g/cm^3)$	1.018	1.031	1.045	1.066	1.100	1.133	1.166	1.199	1.231	1.264	1.295
$\eta/\eta_{水}$	1.008	1.037	1.058	1.085	1.143	1.218	1.033	1.529	1.538	1.675	1.847

(2) 35℃

项目	浓度/(mol/L)									
	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
$\rho/(g/cm^3)$	1.001	1.029	1.062	1.097	1.129	1.161	1.193	1.226	1.259	1.291
$\eta/\eta_{水}$	1.011	1.048	1.101	1.158	1.229	1.316	1.419	1.537	1.680	1.853

10.2.4 表面张力

表 10.2.17 氯酸钠的表面张力 单位：mN/m

温度/℃	265	270	275	280	285	290
σ	90.72	90.38	90.00	89.54	89.23	88.88

表 10.2.18 高氯酸钠的表面张力（25℃）

浓度/(mol/kg)	0.52	1.03	1.54
σ/(mN/m)	72.36	72.65	72.86

10.2.5 沸 点

表 10.2.19 氯酸钾溶液的沸点

溶液	浓度/(g/100g 水)			饱和溶液		
	10	25	50	沸点/℃	浓度/(g/100 水)	固相组成
沸点/℃	100.7	101.8	103.3	104.4	69.2	$KClO_3$

10.2.6 溶 解 度

表 10.2.20 氯酸盐在水中的溶解度

分子式	名称	下列温度(℃)时无水氯酸盐在 100g 水中的最大溶解质量/g												
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120
$Ba(ClO_3)_2 \cdot H_2O$	氯酸钡·1水	20.3	27.0	33.8		41.7	49.6		66.8		84.8		105	
$Ba(ClO_4)_2 \cdot 3H_2O$	高氯酸钡·3水	205		289			359		426		495		562	
$Cd(ClO_3)_2 \cdot 2H_2O$	氯酸镉·2水	75		76			78			83^{65}				
$Co(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸钴·6水	57		64			70		76					
$CsClO_3$	氯酸铯	2.5	3.8	6.2		9.5	13.8	19.4	26.2	34.7	45.0	58.0	79.0	
$CsClO_4$	高氯酸铯	0.8	1.0	1.6		2.6	4.0	5.4	7.3	9.8	14.4	20.5	30.0	
$Cu(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸铜·6水	58		62			68			77				
$KClO_3$	氯酸钾	3.3	5.0	7.4	8.7	10.5	14.0	19.3	25.9	32.5	39.7	47.7	56.2	
$KClO_4$	高氯酸钾	0.75	1.05	1.8	2.6		4.4	6.5	9.0	11.8	14.8	18.0	21.8	
$LiClO_4$	高氯酸锂	42.7	49.0	56.1	60.0	63.6	72.4		100		123		118	300
$Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸镁·6水	53.3	54.2	512.1	58.8	60.6	63.5	64.4	65.9	71.0	72.0	73.2	74.0	
$Mg(ClO_4)_2$	高氯酸镁	91.6	94.9	99.2	100	102	105	109						
$Mn(ClO_3)_2$	氯酸锰	59		66		69		75^{55}						
$NaClO$	次氯酸钠	29.4	36.4	53.4		100	111	130						
$NaClO_4$	高氯酸钠	169		201	211	220	243	273	282	293	305	317	330	
$NaClO_4 \cdot H_2O$	高氯酸钠·1水	167		181			243	284						
NH_4ClO_4	高氯酸铵	11.6		20.8			30.6		39.0		48.2		57.0	
$Ni(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O$	氯酸镍·6水	53		58			64		70		76			
$RbClO_3$	氯酸铷	2.14		5.4		8.0		16.0					62.8	
$RbClO_4$	高氯酸铷	0.5	0.6	1.0		1.5	2.3	3.5	4.8	6.7	9.2	12.7	18.0	
$TlClO_3$	氯酸铊	2.0		3.9				12.7			36.6		57.3	
$TlClO_4$	高氯酸铊	6.0	8.0			19.7		39.6		65.3	81.5		167	
$Zn(ClO_3)_2 \cdot 4H_2O$	氯酸锌·4水			200		209	223	273						

表 10.2.21 亚氯酸钠在水中的溶解度

项目	温度/℃				
	5	17	30	45	60
浓度(质量分数)/%	34	39	46	53.7	55
溶解度/(mol 水/mol 溶质)	9.6	7.8	5.8	4.5	4.1

表 10.2.22 氯酸钠在水中的溶解度

温度/℃	浓度		S	温度/℃	浓度		S
	/(g/L)	(质量分数)/%	/(g/100g 水)		/(g/L)	(质量分数)/%	/(g/100g 水)
−15	580	41.9	72	60	920	60.8	155
0	612	44.1	79	70	969	3.1	171
10	667	47.4	90	80	1019	65.4	189
20	720	50.2	101	90	1069	67.6	209
25	745	51.7	107	100	1119	69.7	230
30	770	53.1	113	110	1170	72.0	257
40	820	55.8	126	120	1217	73.8	277
50	870	58.2	139	122	1225	74.1	280

表 10.2.23 高氯酸钠在水中的溶解度

温度/℃	−30	−20	−15	−10	−5	0	15	30	40	50	60	75
S(质量分数)/%	10.1	24.5	34.5	40.4	49.0	62.6	65.5	68.7	70.9	73.2	74.3	75.0

表 10.2.24　氯酸钾在乙醇中溶解度

乙醇浓度(质量分数)/%		0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90
氯酸钾溶解度(质量分数)/%	30℃	9.23	7.72	6.44	4.51	3.21	2.35	1.64	1.01	0.54	0.24	0.06
	40℃	12.23	10.48	8.84	6.40	4.67	3.41	2.41	1.46	0.78	0.34	0.12

表 10.2.25　氯酸钾在丙酮中溶解度

丙酮浓度(质量分数)/%		0	5	9.09	20	30	40	50	60	70	80	90
氯酸钾溶解度(质量分数)/%	30℃	9.23	8.32	7.63	6.09	4.93	3.90	2.90	2.03	1.24	0.57	0.18
	40℃	12.23	11.10	10.28	8.27	6.69	5.36	4.06	2.86	1.68	0.79	0.24

表 10.2.26　氯酸钠在乙醇中的溶解度

乙醇浓度(质量分数)/%		50	60	70	80	90
溶解度/($gNaClO_3$/100g C_2H_5OH)	20℃	45.6	29.4	112.2	8.5	1.63
	60℃	48.5	35.2	23.8	12.7	3.0

表 10.2.27　高氯酸钠在有机溶剂中的溶解度

项　　目	名　　称						
	甲醇	乙醇	丙醇	丁醇	异丁醇	丙酮	乙酸乙酯
S(质量分数)/%	33.93	12.83	4.66	1.83	0.78	34.10	8.80
ρ/(g/cm³)	1.0561	0.8685	0.8308	0.8167	0.8031	1.0732	0.9574

表 10.2.28　氯酸钠在食盐中的溶解度

温度/℃	NaCl(质量分数)/%			温度/℃	NaCl(质量分数)/%		
	10	20	32		10	20	32
20	66	57.4	41.8	80	92	77	43.3
40	75	65	42	100	102	87	44.0
60	83.5	70	42.4				

表 10.2.29　其他氯酸盐在有机溶剂中的溶解度（25℃）　　单位：g/100g 溶剂

分子式	名　称	溶　　剂			分子式	名　称	溶　　剂		
		乙醇	甲醇	丙酮			乙醇	甲醇	丙酮
$KClO_4$	高氯酸钾	0.012	0.105	0.160	$NaClO_3$	氯酸钠	表 10.2.67	51.4	51.8
$LiClO_4$	高氯酸锂	152①	182①	137	NH_4ClO_4	高氯酸铵	1.9	6.8	2.2
$Mg(ClO_4)_2$	高氯酸镁	24.0	51.8	42.9					

① 0℃时的值。

10.2.7　比　热　容

表 10.2.30　高氯酸钾的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	20	40	60	80	100	150	200	250	298.2
c_p	8.37	29.96	412.15	57.91	64.94	77.61	88.41	99.70	110.2

表 10.2.31　氯酸钠水溶液的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

浓度/(mol/100mol 水)	0.2	0.6	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	10	12
c_p	4.086	4.003	3.932	3.839	3.750	3.668	3.593	3.464	3.360	3.271	3.110	2.985	2.880

表 10.2.32　高氯酸钠水溶液的比热容　　单位：kJ/(kg·K)

浓度/(mol/100mol 水)	0.2	1.0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
c_p	4.126	3.922	3.728	3.455	3.249	3.074	2.926	2.799	2.680	2.568	2.472	2.403	2.378

10.2.8 热导率

表 10.2.33 高氯酸铵的热导率 单位：W/(m·℃)

湿度/℃	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
λ	0.470	0.468	0.461	0.452	0.442	0.432	0.422	0.412	0.402	0.391	0.377

注：试件为两个相同的直径为1.125in（1in=2.54cm）的圆饼，由粉末压制而成，粉粒直径为40～61μm。试件密度为1.90g/cm^3，总孔率为2.3%。

表 10.2.34 氯酸钠水溶液的热导率 单位：W/(m·K)

浓度(质量分数)/%	5	10	15	20	25	30	40
λ	0.592	0.585	0.576	0.568	0.559	0.550	0.517

10.2.9 溶解热

表 10.2.35 氯酸钠的溶解热 单位：kJ/mol

浓度/(mol/100mol 水)	0.25	1	3	6	10	12	14	16
ΔH	21.90	21.16	19.55	17.77	16.22	15.68	15.22	14.86

10.2.10 氯酸盐的质量指标

表 10.2.36 工业氯酸钾的质量指标（GB/T 752—2006）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氯酸钾($KClO_3$)(质量分数)/%	≥	99.5	99.2	99.0
水分(质量分数)/%	≤	0.05	0.10	0.10
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	0.10	0.10
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.04	0.06	0.10
溴酸盐(以 BrO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.10	0.15
次氯酸盐试验		通过		
亚氯酸盐试验		通过		
重金属试验		通过		
碱土金属试验		通过		
125μm 试验筛筛余物的(质量分数)/%	≤	0.5	1.0	1.0
外观		白色粉末		

用途：用于制火柴、雷管、炸药、焰火，并用于印染、医药、造纸等工业。

表 10.2.37 试剂用氯酸钾的质量指标（GB/T 645—94）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
$KClO_3$ 含量(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00005	0.0001
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2号	3号	钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.01	0.05
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.007
溴酸盐(BrO_3)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002				

表 10.2.38　工业高氯酸钾的质量指标（HG/T 3247—2008）

项　　目		指标 Ⅰ型	指标 Ⅱ型	项　　目		指标 Ⅰ型	指标 Ⅱ型
高氯酸钾($KClO_4$)(质量分数)/%	≥	99.2	99.0	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	—
水分(H_2O)(质量分数)/%	≤	0.02	0.03	铁(以 Fe_2O_3 计)(质量分数)/%	≤	0.002	—
氯化物(以 KCl 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.10	pH 值		7.0±1.5	—
氯酸盐(以 $KClO_3$ 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.15	粒度通过率/% ≥	420μm 试验筛	100	—
次氯酸盐(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	无	无		180μm 试验筛	99.9	—
溴酸盐(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.02	—		150μm 试验筛	99.5	99.0
钠(以 Na ClO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.20	—		75μm 试验筛	90.0	—
钙镁盐(以氧化物计)(质量分数)/%	≤	0.20	—	外观		白色结晶粉末	

用途：用于炸药、烟花、鞭炮、高级安全火柴，医药、摄影药剂、分析试剂、氧化剂及火箭、导弹推进剂等。

表 10.2.39　工业氯化亚砜的质量指标（HG/T 3788—2005）

项　　目		指标 优等品	指标 一等品	指标 合格品
色度(K_2CrO_4)		1#	2#	3#
密度(20℃)/(g/cm³)		1.630～1.650	1.630～1.650	1.630～1.650
沸程(75～80℃)的体积分数/%	≥	99.0	98.5	98.0
蒸馏残留物/%	≤	0.001	0.003	0.005

注：外观为无色至淡黄色透明或浅红色发烟液体。有窒息气味。

用途：用于医药、农药、染料工业及有机合成工业作氯化剂。被广泛用于将羧酸和醇转化成对应的酰氯和氯化烃。

表 10.2.40　工业亚氯酸钠的质量指标（HG 3250—2010）

项　　目			指　　标
亚氯酸钠($NaClO_2$)	固体(质量分数)/%	≥	78.0
	液体(质量分数)/%		15.0～50.0
以亚氯酸钠含量为80%的产品作为基准时	氯酸钠($NaClO_3$)(质量分数)/%	≤	2.0
	氢氧化钠(NaOH)(质量分数)/%	≤	1.0
	碳酸钠(Na_2CO_3)(质量分数)/%	≤	2.0
	氯化钠(NaCl)(质量分数)/%	≤	19.0
	硫酸钠(Na_2SO_4)(质量分数)/%	≤	1.0
	硝酸钠($NaNO_3$)(质量分数)/%	≤	0.1
	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003

注：本标准杂质含量以80%的亚氯酸钠为基准时。

用途：主要用于制造二氧化氯，也用于纤维、织物、油类、纸浆等的漂白，某些金属表面处理及皮革化工等。

表 10.2.41　工业氯酸钠的质量指标（GB/T 1618—2008）

项　　目		指标 Ⅰ类	指标 Ⅱ类 一等品	指标 Ⅱ类 合格品
氯酸钠(以干基计)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	98.0
水分(质量分数)/%	≤	0.30	0.50	0.80
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	0.03	0.03
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.15	0.20	0.30
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.1	0.1
铬酸盐(以 CrO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.02
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.005	0.05	0.05
外观		白色或微黄结晶		

用途：用于制造二氧化氯和氯盐，也可用于农业上的除草剂，在造纸、印染、制药等方面也有较多用途。

表 10.2.42 工业亚氯酸钠的质量指标（HG/T 3250—2010）

项目			指标
亚氯酸钠（$NaClO_2$）（质量分数）/%	固体	≥	78.0
	液体		15.0～50.0
以亚氯酸钠含量为80%的产品作基准	氯酸钠（$NaClO_3$）（质量分数）/%	≤	2.0
	氢氧化钠（NaOH）（质量分数）/%	≤	1.0
	碳酸钠（Na_2CO_3）（质量分数）/%	≤	2.0
	氯化钠（NaCl）（质量分数）/%	≤	19.0
	硫酸钠（Na_2SO_4）（质量分数）/%	≤	1.0
	硝酸钠（$NaNO_3$）（质量分数）/%	≤	0.1
	砷（As）（质量分数）/%	≤	0.0003
外观	固体为白色或微带黄绿色结晶粉末或颗粒；液体为浅黄色溶液		

用途：主要用于纸浆、纸张和各种纤维的漂白和饮用水的处理。

表 10.2.43 次氯酸钠的质量指标（GB/T 2498—93）

项目		钙法指标		
		Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型
有效氯（以 Cl 计）/%	≥	13.0	10.0	5.0
游离碱%	≤	0.1～1.0	0.1～1.0	—
铁%	≤	0.010	0.010	—

用途：在纸浆、纺织品、化学纤维、淀粉和制皂业中作漂白剂。在水处理中用作净水剂、杀菌剂、消毒剂。此外，在染料工业、有机工业、农牧业中作消毒剂、去臭剂和饮料水、水果和蔬菜的消毒等。

表 10.2.44 次氯酸钠溶液的质量指标（GB 19106—2003）

项目		型号规格				
		A型（消毒、杀菌及水处理等用）		B型（一般工业用）		
		Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型
		指标				
有效氯（以 Cl 计）/%	≥	10.0	5.0	13.0	10.0	5.0
游离碱（以 NaOH 计）/%	≤	0.1～1.0		0.1～1.0		
铁（以 Fe 计）/%	≤	0.005		0.005		
重金属（以 Pb 计）/%	≤	0.001		—		
砷（以 As 计）/%	≤	0.0001		—		

用途：用于水的净化，以及作消毒剂、纸浆漂白等，医药工业中用制氯胺等。

表 10.2.45 食用次氯酸钠的质量指标（GB 25574—2010）

项目		指标	项目		指标
有效氯（以 Cl^- 计）（质量分数）/%	≥	5.0	铁（Fe）/（mg/kg）	≤	50
游离碱（以 NaOH 计）（质量分数）/%		0.2～1.0	砷（As）/（mg/kg）	≤	1
重金属（以 Pb 计）/（mg/kg）	≤	10	外观		无色或淡黄色液体

用途：主要用于食品行业、餐饮行业、医院、自来水及水果等的消毒。

表 10.2.46 工业高氯酸钠的质量指标（GB/T 23850—2009）

项目		指标			
		Ⅰ型		Ⅱ型	
		一等品	合格品	一等品	合格品
高氯酸钠（$NaClO_4 \cdot nH_2O$）（质量分数）/%	≥	99.3	99.0	98.0	97.0
水不溶物（质量分数）/%	≤	0.03	0.05	0.03	0.05
氯化物（以 KCl 计）（质量分数）/%	≤	0.05	0.06	0.05	0.06
氯酸盐（以 Cl 计）（质量分数）/%	≤	0.15	0.20	0.15	0.20

续表

项目	指标			
	Ⅰ型		Ⅱ型	
	一等品	合格品	一等品	合格品
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.03	0.05	0.03	0.05
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.003	0.005	0.003	0.005
水分(质量分数)/% ≤	0.20	0.30	—	—
外观	白色结晶粉末			

注：$NaClO_4 \cdot nH_2O$ 中，n=0 或 1。

用途：主要用于制造高氯酸或其他高氯酸盐，还用于火药工业。

表 10.2.47　次氯酸钙的质量指标（GB/T 10666—2008）

项目	钙法指标			钠法指标		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
有效氯(质量分数)/% ≥	65.0	60.0	55.0	70.0	65.0	60 0
水分(质量分数)/% ≤	3.0	4.0	4.0	4～10	4～10	4～10
稳定性检验有效氯损失(质量分数)/% ≤	8.0	10.0	12.0	—	—	—
粒度(粒状 355μm～2mm)(对粉状、粉粒状产品为协商指标) ≥	90 (355μm～2mm)	—	—	90 (355μm～1.4mm)	85 (355μm～1.4mm)	—
外观	白色或微灰色的粉状、粒状或粉粒状固体					

用途：用于棉麻纺织品、化学纤维、纸浆、淀粉的漂白、污染物的化处理等，也用于饮用水、游泳池水的消毒和杀菌。

表 10.2.48　漂白粉的质量指标（HG/T 2496—2006）

项目	指标		
	B-35	B-32	B-28
有效氯(以 Cl 计)/% ≥	35.0	32.0	28.0
水分/% ≤	4.0	5.0	6.0
总氯量与有效氯之差/% ≤	2.0	3.0	4.0
热稳定系数 ≥	0.75	—	—

注：漂白粉是氢氧化钙、氯化钙和次氯酸钙的混合物，其主要成分是次氯酸钙。

用途：用作消毒剂、杀菌剂、漂白剂等。

表 10.2.49　工业高氯酸铵的质量指标（HG/T 3813—2006）

项目	指标	
	优等品	一等品
高氯酸铵(NH_4ClO_4)(质量分数)/% ≥	99.5	98.8
水分(质量分数)/% ≤	0.05	0.10
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.05	0.20
氯化物(以 NaCl 计)(质量分数)/% ≤	0.15	0.20
氯酸盐(以 $NaClO_3$ 计)(质量分数)/% ≤	0.02	0.04
溴酸盐(以 $NaBrO_3$ 计)(质量分数)/% ≤	0.004	—
硫酸盐灰分(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/% ≤	0.25	0.40
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	—
热稳定性[(177±2)℃/h] ≥	3	—
pH 值	4.3～5.8	
外观	白色,无肉眼可见杂质。无大块结晶	

用途：用作火箭推进剂。还可用于制造烟火和高氯酸铵炸药的配合剂、人工防冰雹用药

剂、氧化剂及分析试剂。

表 10.2.50　无水高氯酸锂的质量指标（GB/T 23835.1—2009）

项　　目		指　标	项　　目		指　标
高氯酸锂($LiClO_4$)(质量分数)/%	≥	99.5	钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.002
水分(质量分数)/%	≤	0.3	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.003
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.008	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.002	铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0002
氯酸盐(以 ClO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.01	总氮(N)(质量分数)/%	≤	0.003
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.005	澄清度,透光率/%	≤	90
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.002			

用途：在高温化学中用于提供氧气，并用作火箭燃料的氧化剂，在电池行业中用于生产锂电池电解液等。

第 11 章　溴化物和溴酸盐

目　　录

11.1 溴 化 物

表 11.1.1 溴化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgBr	溴化银	187.78	浅黄	立	2.252	6473^{25}	434	// 700	0.02^{20}	0.37mg	液氨 2.4	+NH_4OH 0.51^{18}	−	+KCN,Na_2SO_3,NaCl 溶液
$AlBr_3$	溴化铝	266.72	白	三	≈	3010^{25}	97.5	268	+	∞		+	+	+丙酮、CS_2、乙醚、苯
$AlBr_3\cdot6H_2O$	溴化铝·6水	374.82	无	针	～	2540	93	// 100	+	+ ×		+	+	+ CS_2、乙醚
$AsBr_3$	溴化亚砷	314.62	无	棱	～	3500	33	200		×				+CS_2
AsOBr	溴化氧亚砷	170.82	暗	膏					−				−	
AuBr	溴化亚金	276.87	黄灰	固或晶粉		7900	//115		−	−	//	+KBr	+NaCN	+NH_4OH
$AuBr_3$	三溴化金	436.68	暗棕	片			160 //		+	×				+乙醚
BBr_3	三溴化硼	250.57	①	单斜/板	②	2600	−46	约 90	++					危 8
$BaBr_2$	溴化钡	297.15	无	斜		4780^{24}	847	//	表 11.1.12				++	÷÷丙酮
$BaBr_2\cdot2H_2O$	溴化钡·2水	333.22	无或白	单	1.727	3690	$-2H_2O$ 100	//	表 11.1.12				+	
BBr_3	溴化硼	250.57	无	液	发烟 臭味 1.5312	2690	−46	90.6	//			×	//	×液氨;+CCl_4
$BeBr_2$	溴化铍	168.82	无	针	～	3465^{25}	488 1	520	++			−苯	+	+乙醚、氮苯
BiBr	溴化铋	288.88	钢灰或硫黄	团	≈	5700	439		//		+Cl	−	+	+HBr、丙酮、乙醚
$BiBr_3$	三溴化铋	448.75	黄			5700	218	453	//	//				+HBr、乙醚
BiOBr	溴化氧铋	304.92	无	晶		8080	//		−		+		−	
BrCN	溴化氰	105.93		针	刺激	2015^{20}	52	61.3^{100}	→HBr、HCN 剧毒			+苯	+	+乙醚
$CaBr_2$	溴化钙	199.89	白	针	味咸苦	3353^{25}	760	810	表 11.1.12		+	吸氧	+	③
$CaBr_2\cdot6H_2O$	溴化钙·6水	307.98	无	三		2300	38.2	149 //	表 11.1.12				+	+丙酮 +1.0
CBr_4	四溴化碳	331.65	白	晶	1.5942^{100}	2961^{100}	90-1	190	−		+HF		+	+乙醚、氯仿、CS_2
$CdBr_2$	溴化镉	272.21	白至微黄	晶	气味 风化	5200^{25}	583	865	表 11.1.12		+Cl		26.6^{15}	+乙酸、乙醚、丙铜
$CdBr_2\cdot4H_2O$	溴化镉·4水	344.49	白或无	针	风 化		$-4H_2O$ 200		表 11.1.12				+	÷乙醚、丙铜
$CeBr_3\cdot H_2O$	三溴化铈·1水	397.89	无	针	～		//		+++	+++			+++	
CNBr	溴化氰	105.93	白	菱晶	透明 极毒	2015^{20}	52	61-2	+++			//	+++	+++ 乙醚
$COBr_2$	二溴氧化碳	187.84		液		2440	−80	64.5	++ //	//				
$CoBr_2$	溴化钴	218.75	蓝绿	晶体	易潮解	4909^{25}	678(N_2中)		+	67^{60}	+		+	+乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm^3)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
$CoBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化钴·6水	326.83	红紫	晶	～	2460	$-2H_2O$ 43	$-6H_2O$ 130	表 11.1.12		+		+	+乙醚
$CrBr_2$	溴化亚铬	211.80	白绿	六、粉		4250^{25}	在湿空气中氧化		—	÷			++	
$CrBr_3$	溴化铬	291.71	暗绿或红	六、鳞		4250	受热→Cr_2O_3	↑927	—			×	+	+很稀溴化亚铬溶液
$CrBr_3 \cdot 6H_2O$	溴化铬·6水	399.74	绿	针	≈	5400^{17}			200				++	—乙醚；+熔融 Na_2O_2
$CsBr$	溴化铯	212.81	白	立	～1.698	4440	636	1300	表 11.1.12		—丙酮		+	+液氨 4.58^0
$CsBr \cdot 2HgBr_2$	五溴化二汞铯	933.71							0.81^{16}				÷	
$CsBrI_2$	二碘一溴化铯	466.67					195.5		//				+	
$CsBr_3$	三溴化铯	372.66		正			180							
$CuBr$	溴化亚铜	143.45	棕	晶(或白粉)	2.116	4720^{12}	504	1355	0.0011^{25}	//	④	$+NH_4OH$	—丙酮	—乙酸；+氢卤酸、NaCl溶液
$CuBr_2 \cdot 3Cu(OH)_2$	碱式溴化铜	516.02	艳绿	斜方晶体		4000			—		+稀酸	+氨水		++乙酸
$CuBr_2$	溴化铜	223.35	黑	单	～	4710	498		表 11.1.12		—苯		+	+丙酮、吡啶、液氮
$DyBr_3$	溴化镝	402.23	无	晶			881	1480			+			
$ErBr_3$	溴化铒	406.97	紫玫瑰	针		4930	950	1460					—	+氨水
$EuBr_3$	溴化铕	391.69	淡粉	晶			702							
$FeBr_2$	溴化亚铁	215.66	绿黄	六		4636^{25}	688	968	表 11.1.12				+	+氮苯 0.49^{25}
$FeBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化亚铁·6水	323.76	蓝绿	六	～		27		表 11.1.12				+	
$FeBr_3$	溴化铁	295.56	暗红	六	～		297	627	455^{25}	+			+	+乙醚；$÷NH_3$
$FeBr_3 \cdot 6H_2O$	溴化铁·6水	403.69	红				27		+	+				
$GaBr_3$	溴化镓	309.47	白	晶	～	3690^{25}	121.5	278.8	+	+		++苯	$++CS_2$	++四氯化碳
$GdBr_3 \cdot 6H_2O$	溴化钆·6水	504.99		正、片		2844^{15}			+	+	+HBr			
$GeBr_4$	四溴化锗	392.26	灰	八	1.627	3132^{25}	26.1	186.5						闪点：186.5℃
$Ga(GaBr_4)$	四溴合镓酸镓	459.056	白色	抗磁性固体		3645.6								
$Hg(BrO_3)_2 \cdot 2H_2O$	溴酸汞·2水	492.44	淡黄	晶						+	+			
$HgBr$	溴化亚汞	280.53	白	四或粉		7307	↑345		7×10^{-9}	—	+		—	—丙酮
$HgBr_2$	溴化汞	360.39	白	正		6053	237	322	表 11.4.1		//温热		252^0	⑤
$HgBr_2 \cdot 3HgO$	二溴三氧化四汞	1010.27	黄	晶					—	÷			+	
$HgIBr$	溴碘化汞	407.45	黄	正			229	360					+	+乙醚
Hg_2Br_2	溴化亚汞	360.39	白	粉		7300	340	↑392	—		+S,N*；//Cl	//	—	⑥
$HoBr_3$	溴化钬	404.66	浅黄	晶			914	1470			+			
$InBr_3$	三溴化铟	354.51		晶	～	4740^{25}	436		+++	+++				
IBr	溴化碘	206.81	暗灰	斜	闪点：116	4414^{10}	42-50	119 //	表 11.4.1			$+CS_2$	+	+乙醚；氯仿

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$IrBr_3 \cdot 4H_2O$	三溴化铱·4水	504.9	橄榄绿	晶			$-3H_2O$ 100		+				−	−乙醚
$IrBr_4$	四溴化铱	512	蓝		~		//		+				+	
KBr	溴化钾	119.01	无或白	立	咸 1.559	2750^{25}	750	1380	表11.4.1		×S		0.14^{25}	÷乙醚;+甘油
KBr·IBr	二溴一碘化钾	325.85		正			60	//180	//					
$LaBr_3 \cdot 7H_2O$	溴化镧·7水	504.78	无	晶					++				++	−乙醚
LiBr	溴化锂	86.85	白	立	≈ 1.784	3464^{25}	549	1310	表11.4.1		÷吡啶	÷甘油	73^{40}	+丙酮,甲醇8;++乙醚
$LiBr \cdot 2H_2O$	溴化锂·2水	122.89	白	棱			44		表11.4.1				+	
$LuBr_3$	溴化镥	414.70	白	晶			1025	1400						
$MgBr_2$	溴化镁	184.11	无或白	蜡	≈	3720	695		表11.4.1		+HBr		+甲、乙	÷吡啶、乙醚
$MgBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化镁·6水	292.20	无	单	~	2000	172.4		表11.4.1			$÷NH_3$	+	+甲醇、丙酮
$MnBr_2$	溴化锰	214.74	浅棕	粉	~	4400^{25}	//		127.3	228				$-NH_3$
$MnBr_2 \cdot 4H_2O$	溴化锰·4水	286.80	玫瑰红	针	~		64.3//		表11.4.1				+	+其64℃结晶水
$MoBr_2$	二溴化钼	255.78	黄红			4880^{18}			−		−	+		−王水
$MoBr_3$	三溴化钼	335.70	黑绿	针			//		−		−	//		
$MoBr_4$	四溴化钼	415.61	黑	针	~		//		+++			//		
MoO_2Br_2	二溴二氧化钼	287.78	黄		~		↑		+					
$Mo_3Br_4(OH)_2$	四溴二羟化三钼	641.53	红	粉								+		
NaBr	溴化钠	102.89	无或白	立	1.641	3205^{18}	755	1390	表11.4.1		×S		÷	⑦
$NaBr \cdot 2H_2O$	溴化钠·2水	138.92	无	单		2176	//50.7	$-2H_2O$ 50	表11.4.1		÷÷丙酮	$+NH_3$	2.3^{25}	++甲醇17.415
$Na_2PtBr_6 \cdot 6H_2O$	六溴合铂酸钠	828.62	深红	三斜 晶		3323			++					++醇
$NbBr_5$	五溴化铌	492.49	红紫				265.2	361.6	//				+	+溴化钠
$NbOBr_3$	三溴氧化铌	348.66	黄	晶			↑		//		+			
$NdBr_3$	溴化钕	383.97	绿	晶体			684	1540						
NH_4Br	溴化铵	97.94	淡黄	立	咸味 1.711^{25}	2429^{15}	↑452	235^{0}	表11.4.1			−乙酸乙酯	10^{76}	+丙酮、乙醚、液氨
$(NH_4)_2OsBr_6$	六溴合锇酸铵	705.70	黑	晶					÷				−	+热丙三醇、乙二醇
$(NH_4)_2SbBr_6$	六溴合锑酸铵	637.28	深黑	八										
$NiBr_2$	溴化镍	218.51	棕黄	园	~	4640^{28}	963^{220K}	↑919	表11.4.1			$+NH_4OH$	+	+乙醚
$NiBr_2 \cdot 3H_2O$	溴化镍·3水	272.57	绿	鳞	~			$3H_2O$ 200	表11.4.1			$+NH_4OH$	+	+乙醚
$Ni(NH_4)_6Br_2$	溴化六氨络镍	320.71	紫	晶		1837	//					$÷NH_4OH'$		
NOBr	亚硝酰溴	109.92	褐	液		>1000	−55.5	−2	//					
$NOBr_3$	三溴氧化氮	269.76	褐	液		2637	−40	32//	//					
$NPBr_2$	二溴磷化氮	204.82	无	正			190		−			$+CS_2$		+乙醚、氯仿

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密　度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$PbBr_2$	溴化铅	367.01	无	正	毒	6660	373	918	表11.1.12		+	+浓		⑧
$PBrCl_4$	四氯一溴化磷	252.72	黄	晶					//					
PBr_2Cl_3	三氯二溴化磷	297.18		晶			//35		//		//乙酸			
PBr_2F_3	三氟二溴化磷	247.78	褐	液			−20	//15	//					
PBr_2N	二溴氮化磷	204.82	无	正			190		—			÷氯仿		+CS_2、乙醚
PBr_3	三溴化磷	270.69	无	液	发烟	2852^{15}	−40.5	173.3	//		+CCl_4	+CS_2	×	+乙醚、氯仿
PBr_5	五溴化磷	430.49	黄橙	正	～		//<100	//106	//			+苯	//	+CS_2、CCl_4
PBr_8Cl_3	三氯八溴化磷	776.68	棕	针			25	290	//					+CS_2
$PSBr_3$	溴硫化磷	302.76	黄	八		2850^{17}	38	212	+				+	+SO_2，+PCl_3，+PBr_3
$PNBr_2$	溴氮化磷	204.80	白	斜		1597	73～74							
PBr_7Cl_2	二氯七溴化磷	661.31		棱					//					+PCl_3
$PdBr_2$	二溴化钯	266.53	棕褐	无			//		—	—	+HBr		—	+NaCl
$Pd(NH_3)_2Br_2$	二溴二氨络钯(顺)	300.26	棕黄	棱					0.2		+			+丙酮
$Pd(NH_3)_2Br_2$	二溴二氨络钯(反)	300.26	黄						0.03^{25}		+			+丙酮
$Pd(NH_3)_2Cl_2$	二氯二氨络钯(顺)	211.35	棕黄	棱					0.28^{25}		+			÷丙酮
$Pd(NH_3)_2Cl_2$	二氯二氨络钯(反)	211.35	黄	片		2500	//		0.304^{16}		+			÷丙酮
PH_4Br	溴化四氢磷	114.93	无	立或气		1906		38.8^{106}	//	//				
$POBr_3$	三溴氧化磷	286.73	无	片		2822	56	193	//		+S	+苯		+CS_2、乙醚
$PSBr_3$	三溴硫化磷	302.80	黄	立		2850^{17}	38	//175	//		+PBr_3	PCl_3		+CS_2、乙醚
$Pt_2(CO)_2Br_4$	四溴二羰络二铂	766.14	浅红	针		5115^{25}	178//		+//				+纯	+CCl_4、热苯
$PoBr_4$	四溴化钋	529.67	亮红色	晶体			330	360					溶	溶于丙酮，不溶于苯和四氯化碳
$PtBr_2$	二溴化铂	354.90	棕	立		6650		//>300	−	−	×HBr			÷KBr
$PtBr_3$	三溴化铂	434.98	灰黑	晶				//>410	÷	//	+乙酸		+	+乙醚
$PrBr_3$	溴化镨	380.62	淡绿	晶粉	≈		691	1547	+					
$PtBr_4$	四溴化铂	514.71	暗棕	斜		5690		//>180	0.41^{20}	÷	+HBr		+	+乙醚
$RaBr_2$	溴化镭	385.88	白	单		5790	728	↑900	70^{20}	+			+	
RbBr	溴化铷	165.37	白	立、粉	1.5528	3350	682	1350	表11.1.12				÷÷	÷÷丙酮；+液氨
$RbBr_3$	三溴化铷	325.23		正			//140							
$Ru(CO)_2Br_2$	二溴化二羰钌	317.56	浅橙					↑220(CO)	−					+多数溶剂
Ru(CO)Br	溴化羰钌	209.63	无	立			//200				//Cl*			+苯
$RuBr_3$	三溴化钌	341.46	深	片	～				+		+Cl		+	+KBr

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
S_2Br_2	二溴化二硫	223.93	红	液	发烟	2635	−40	90	//	//		+苯		$+CS_2$、CCl_4
$SbBr_3$	三溴化锑	361.45	无或黄	正	～ 1.740	4148^{28}	96.6	270	//	//	+Cl	+丙酮	+	$+CS_2$；+HBr、NH_3
SbOBr	溴化氧亚锑	217.65	棕	粉					−					$-CS_2$
$ScBr_2$	溴化钪	264.85				3910		>1000						
Se_2Br_2	二溴化二硒	317.75	红褐	液	剧毒	3604^{15}		//225	//	//		÷氯仿		$+CS_2$、C_2H_5Br
$SeBr_4$	四溴化硒	398.62	橙	黄或红棕晶	≈	4.029	//75	115↑	//	//		+氯仿		$+CS_2$、C_2H_5Br
$SeOBr_2$	二溴氧化硒	254.79	黄	晶		3380^{50}	41.7	217^{100}	//		+S	+苯		+ CS_2、CCl_4
$SiBr_4$	四溴化硅	347.72	无	液	发烟 1.579	2820^{0}	5.4	153	//		//S′			
Si_2Br_6	六溴化二硅	535.62	无	正 晶			9.5	240	//			//KOH		$+CS_2$
$SmBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化钐·6水	498.27	黄		～	2971^{22}								
$SnBr_2$	溴化亚锡	278.50	淡黄	正		5120^{17}	215.5	640	+	//		$+C_6H_5N$		+吡啶、氮苯
$SnBr_4$	四溴化锡	438.31	无或白	正	～	3340^{35}	31.0	208	+	//(沸)	//N、S	+丙酮	$+AsBr_3$	$\times H_2$、乙醚；$+PCl_3$
$SnOBr_6 \cdot 12HO$	溴化氧锡·12水	830.28	无	角柱					//					
$SOBr_2$	亚硫酰溴	207.89	黄橙	液		2680^{18}	−50	$68^{5.3}$	//		$+CS_2$、CCl_4	//丙酮	+	+苯、乙醚
$SrBr_2$	溴化锶	247.43	无或白	粉	～	4200^{18}	643	//	表 11.1.12				++甲、乙	÷÷液氨；÷丙酮
$SrBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化锶·6水	355.52	白	针	有毒～	2360^{18}	$-4H_2O$ 89	$-6H_2O$ 180	表 11.1.12			吸收氨	÷纯醇	+其热结晶水
$TaBr_5$	五溴化钽	580.46	黄	斜晶		4670	265	348.8	//				+	+甲醇
$TeBr_2$	二溴化碲	287.44	灰	针			240	339	//					÷酒石酸
$TeBr_4$	四溴化碲	447.22	橙	单		4310^{15}	380	421	//		+	×		+酒石酸
$ThBr_4$	溴化钍	551.78	白	晶		5670	↑610	725	+	//				$//F_2$
$TiBr_4$	四溴化钛	367.52	琥珀黄	立	催泪 ～	3240	38	231	//				+无水	+无水乙醚、CCl_4
TlBr	一溴化铊	284.27	亮黄	立	2.4～2.8	7560^{18}	460	824	表 11.1.12				+	−HBr、丙酮
$TlBr_2$	二溴化铊	364.22	黄	针					//					
$TlBr_3$	三溴化铊	444.14	黄		～		//		+	+++			+++	
UBr_3	三溴化铀	477.74	暗红	六	～	5980	730		+				+	−苯
UBr_4	四溴化铀	557.65	暗棕	晶	～	5350	579	761//	++	++			−	−乙醚；+丙酮
UO_2Br_2	溴化双氧铀	429.90	黄绿	针					+				+	+乙醚
VBr_3	三溴化钒	290.70	深灰		空气中易氧化 ～	4000	//	400℃歧化	+		−HBr		+	+乙醚
VOBr	一溴氧化钒	146.87	紫	晶		4000^{180}	//480		÷					
$VOBr_2$	二溴氧化钒	226.78	黄褐		～		//180		+					
$VOBr_3$	三溴化一氧钒	306.70	红	液		2933^{15}	//180	$130^{13.3}$	+					
WBr_2	二溴化钨	343.75	蓝黑	针			//400		//					
WBr_5	五溴化钨	583.50	褐紫	针			276	333	//	//	+Cl	+	+纯	+乙醚、氯仿
WBr_6	六溴化钨	663.42	蓝黑	针		6900	232		−		$+CS_2$		+无水	+乙醚、氨水

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密　度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$WOBr_4$	四溴氧化钨	519.58	褐黑	针	～		277	327	//					
WO_2Br_2	二溴二氧化钨	375.75	黄至红	棱				//					+	－乙醚
$YbBr_3$	溴化镱	412.75	无	晶		956								
YBr_2	溴化钇	328.67							63.9	96			+	－乙醚
$YBr_3 \cdot 9H_2O$	溴化钇·9水	490.81		片	～				+++	+++				
$ZnBr_2$	溴化锌	225.19	白	正	≈	4219^{4}	394	650	表11.1.12		+Cl;//N	++NH_4OH	++	⑨
$ZrBr_4$	溴化锆	410.88	白	晶、粉					//				//	+乙醚
$ZnBr_2$	溴化锌	225.19	无	斜针		4200	394	650						
$ZrOBr_2 \cdot 8H_2O$	二溴氧化锆·8水	411.18		四	～		//100		+		+Cl*			

① 无色、灰色、黄色或褐色。

② 碱味；受热会爆炸，对人体组织有强烈刺激作用，其蒸气剧毒，腐蚀性较强，具有强吸水性，见光、遇热易分解，闪点为－1℃。

③ 不溶于乙醚、氯仿；微溶于甲醇、液氨；溶于丙酮、甲醇。

④ 溶于盐酸；溶于硝酸并分解；不溶于热浓硫酸。

⑤ 极微溶于乙醚；溶于 CS_2、苯、甘油、丙酮。

⑥ 不溶于乙醚、丙酮；溶于铵盐溶液；在 NH_4OH、KBr 中分解。

⑦ 微溶于丙酮；溶于甲醇、吡啶、液氨、甘油 38.7^{20}。

⑧ 微溶于液氨、吡啶 0.8^{0}、1.44^{100}；溶于 KBr、甘油。

⑨ 溶于乙酸、乙醚、丙酮、吡啶 4.5^{12}。

表 11.1.2　溴化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
三溴化铝(无水)	7727-15-3	81058	0.13(81℃)	助	※	※		※	T,G,JS	8.1	R22;R34	S36/37/39
三溴化锑	7789-61-9	81523	0.13(93.9℃)	不	※	※		※	P,R,T	8.1		
三溴化硼	10294-33-4	81059	5.33(14℃)	助	※	※		※	T,G,R,JS	8.1	R14;R26/28;R35	S26;S28A;S36/37/39;S45;S9
三溴化磷	7789-60-8	81056	1.33(47.8℃)	助	※	※		※	T,G,R,JS	8.1	R14;R34;R37;R40	S26;S36/37;S45
五溴化磷	7789-69-7	81057		不	※	※		※	G,T,S	8.1	R14;R34	S26;S36/37/39;S45
四溴化锡	7789-67-5	81524	1.33(72.7℃)	不	※	※		※	K	8.1		
溴化钾	7758-02-3		0.13(795℃)	不	—	—		/—	P,R,G,T		R36	S26;S39
溴化铊	7789-40-4	61023	1.33(522℃)	不	※	※		※	R,G,T	6.1	R26/28;R33;R51/53	S13;S28A;S45;S61
溴化碘	7789-33-5			助	※	※	乙	※	G,T			

11.2 密　　度

表 11.2.1　溴化物水溶液的密度　　单位：kg/m³

名称	温度/℃	浓度(质量分数)/%																				
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60
$BaBr_2$	20		1016	1034	1052	1071	1091	1111	1132	1154	1177	1201	1225	1250	1276	1303	1332	1409	1493			
$CaBr_2$	20		1015	1033	1050	1069	1088	1107	1127	1148	1170	1192	1214	1237	1261	1286	1312	1381	1457	1541	1635	
$CdBr_2$	20		1016	1034	1052	1071	1091	1111	1132	1154	1177	1200	1224	1248	1274	1301	1329	1405	1490			
CsBr	20	1006	1014	1030	1047	1065	1083	1101	1120	1140	1160	1182	1204	1226	1250	1275	1300	1368	1443	1526	1620	
$CsBr_3$	18	1007	1016	1034	1053	1073	1093	1113	1134	1156	1179	1203	1228	1253	1282	1308	1336					
HBr①	20	1005	1012	1027	1042	1057	1072	1088	1105	1122	1140	1158	1177	1196	1216	1237	1258	1315	1377	1445	1517	1679
KBr	20	1005	1013	1028	1043	1058	1074	1090	1107	1124	1142	1160	1179	1198	1218	1238	1259	1315	1375			
LiBr	20	1005	1013	1028	1043	1058	1075	1091	1108	1125	1143	1162	1181	1200	1220	1242	1263	1320	1384	1454		
$MnBr_2$	18	1007	1016	1033	1051	1070	1089	1108	1129	1150	1172	1194	1218	1242	1269	1295	1321					
$MgBr_2$	20		1015	1032	1050	1068	1087	1107	1127	1147	1168	1190	1213	1236	1260	1285	1311	1379	1452	1532		
NaBr	17	1006	1014	1030	1046	1063	1080	1098	1117	1136	1155	1174	1194	1215	1237	1260	1284	1347	1414			
NH_4Ar	15	1004	1010	1022	1033	1045	1057	1070	1082	1095	1108	1122	1135	1149	1164	1178	1193	1198				
NH_4Br	25	1003	1008	1020	1031	1043	1055	1067	1080	1093	1106	1119	1133	1147	1164	1179	1190	1195	1170			
$NiBr_2$	18	1008	1017	1036	1056	1076	1097	1119	1141	1165	1189	1214	1241	1270	1296							
RbBr	20	1006	1014	1030	1046	1063	1080	1098	1117	1136	1156	1178	1196	1218	1242	1264	1288	1352	1422	1500	1586	
$SrBr_2$	20		1016	1034	1052	1071	1091	1111	1132	1153	1176	1199	1224	1250	1276	1302	1330	1405	1489	1583	1686	
$ZnBr_2$	0		1019	1038		1078		1119		1161		1204		1246			1329		1477		1661	1891
$ZnBr_2$	20	1008	1017	1035	1054	1074	1094	1114	1134	1154	1175	1196	1218	1241	1265	1291	1317	1386	1462		1643	1869
$ZnBr_2$	40		1010	1028		1066		1105		1144		1186					1303		1445		1623	1845
$ZnBr_2$	60		1001	1019		1055		1093		1132		1172					1287		1427		1602	1822
$ZnBr_2$	80		989	1006		1042		1079		1117		1156					1269		1406		1579	1797
$ZnBr_2$	100		975	992		1027		1063		1100		1138					1249		1385		1555	1771

① 质量百分比为55%、65%时，其密度分别为1595kg/m³、1767kg/m³。

表 11.2.2 溴化钠水溶液的密度

单位：g/cm³

浓度(质量分数)/%	温度/℃									
	0	10	20	25	30	40	50	60	80	100
1	1.00798	1.00765	1.00599	1.00476	1.00331	0.99979	0.99555	0.9907	0.9792	0.9657
2	1.01618	1.01566	1.01385	1.01255	1.01104	1.00743	1.00312	0.9982	0.9867	0.9731
4	1.03285	1.03196	1.02984	1.02840	1.02678	1.02299	1.01854	1.0135	1.0018	0.9882
6	1.04991	1.04866	1.04623	1.04465	1.04292	1.03895	1.03436	1.0293	1.0174	1.0037
8	1.06739	1.06579	1.06305	1.06133	1.05949	1.05534	1.05061	1.0454	1.0331	1.0196
10	1.08532	1.08338	1.08033	1.07847	1.07652	1.07219	1.06732	1.0620	1.0498	1.0359
12	1.10373	1.10146	1.09810	1.09610	1.09404	1.08953	1.08452	1.0791	1.0667	1.0526
14	1.12265	1.12005	1.11638	1.11424	1.11207	1.10738	1.10223	1.0967	1.0842	1.0699
16	1.14210	1.13917	1.13519	1.13292	1.13063	1.12576	1.12047	1.1148	1.1021	1.0876
18	1.16210	1.15885	1.15455	1.15217	1.14975	1.14470	1.13927	1.1335	1.1206	1.1059
20	1.18268	1.17911	1.17449	1.17207	1.16946	1.16423	1.15863	1.1527	1.1396	1.1247
22	1.20387	1.19997	1.19505	1.19249	1.18980	1.18439	1.17867	1.1726	1.1592	1.1442
24	1.22569	1.22147	1.21627	1.21360	1.21079	1.20520	1.19932	1.1931	1.1795	1.1642
26	1.24817	1.124364	1.23817	1.23538	1.23246	1.22669	1.22061	1.2143	1.2004	1.1849
28	1.27135	1.26652	1.20678	1.25786	1.25484	1.24889	1.24267	1.2362	1.2221	1.2063
30	1.29526	1.29014	1.28413	1.28107	1.27795	1.27182	1.26544	1.2588	1.2444	1.2284
35	1.35860	1.35284	1.34615	1.34277	1.33934	1.33271	1.32540	1.3190	1.3039	1.2873
40	1.42734	1.42124	1.41384	1.41017	1.40643	1.39928	1.39219	1.3849	1.3691	1.3520

表 11.2.3 氯化钙水溶液的密度

单位：g/cm³

浓度(质量分数)/%	温度/℃											
	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
2	1.0173	1.0169	1.0152	1.0139	1.0125	1.0089	1.0047	0.9988	0.9943	0.9983	0.9817	0.9748
4	1.0352	1.0345	1.0326	1.0312	1.0296	1.0260	1.0217	1.0168	1.0112	1.0052	0.9985	0.9917
6	1.0535	1.0525	1.0504	1.0489	1.0473	1.0435	1.0391	1.0342	1.0285	1.0225	1.0158	1.0090
8	1.0724	1.0711	1.0688	1.0672	1.0655	1.0616	1.0570	1.0521	1.0464	1.0403	1.0337	1.0269
10	1.0919	1.0903	1.0877	1.0860	1.0843	1.0802	1.0756	1.0705	1.0648	1.0587	1.0520	1.0452
12	1.1119	1.1099	1.1071	1.1054	1.1035	1.0994	1.0947	1.0894	1.0837	1.0775	1.0708	1.0641
14	1.1325	1.1302	1.1272	1.1254	1.1234	1.1192	1.1143	1.1090	1.1032	1.0970	1.0903	1.0836
16	1.1538	1.1512	1.1480	1.1461	1.1441	1.1396	1.1346	1.1293	1.1234	1.1172	1.1105	1.1038
18	1.1759	1.1730	1.1696	1.1676	1.1655	1.1608	1.1557	1.1503	1.1443	1.1381	1.1314	1.1247
20	1.1988	1.1955	1.1919	1.1897	1.1876	1.1827	1.1775	1.1720	1.1660	1.1598	1.1530	1.1463
25	1.2584	1.2542	1.2499	1.2475	1.2451	1.2397	1.2343	1.2285	1.2224	1.2160	1.2092	1.2024
30	1.3226	1.3175	1.3125	1.3099	1.3072	1.3014	1.2957	1.2896	1.2833	1.2768	1.2698	1.2630
35	1.393	1.387	1.381	1.378	1.375	1.369	1.363	1.356	1.350	1.343	1.336	1.329
40	1.469	1.463	1.457	1.453	1.450	1.443	1.437	1.430	1.423	1.416	1.409	1.402
45	1.555	1.548	1.541	1.537	1.534	1.526	1.519	1.512	1.505	1.498	1.490	1.483
50	1.650	1.642	1.635	1.631	1.627	1.619	1.612	1.604	1.597	1.589	1.582	1.574

表 11.2.4 溴化钾水溶液的密度　　　单位：g/cm^3

温度/℃	浓度/%					
	1	2	4	6	8	10
0	1.00732	1.01484	1.03016	1.04584	1.06189	1.07833
10	1.00704	1.01442	1.02945	1.04483	1.06058	1.07672
20	1.00542	1.01268	1.02747	1.04261	1.05811	1.07399
25	1.00421	1.01143	1.02612	1.04116	1.05656	1.07235
30	1.00277	1.00995	1.02456	1.03952	1.05484	1.07055
40	0.99928	1.00639	1.02087	1.03670	1.05090	1.06648
50	0.99505	1.00211	1.01648	1.03120	1.04629	1.06176
60	0.9902	0.9972	1.0115	1.0261	1.0411	1.0565
80	0.9787	0.9857	0.9999	1.0145	1.0294	1.0446
100	0.9653	0.9722	0.9863	1.0009	1.0157	1.0309
温度/℃	浓度/%					
	12	14	16	18	20	22
0	1.09517	1.11243	1.13012	1.14826	1.16687	1.18597
10	1.09327	1.11025	1.12768	1.14558	1.16396	1.18285
20	1.09028	1.10701	1.12420	1.14187	1.16005	1.17876
25	1.08855	1.10518	1.12227	1.13985	1.15794	1.17655
30	1.08667	1.10323	1.12025	1.13775	1.15575	1.17427
40	1.08249	1.09892	1.11580	1.13314	1.15097	1.16931
50	1.07763	1.09392	1.11065	1.12785	1.14554	1.16374
60	1.0724	1.0886	1.1053	1.1224	1.1401	1.1582
80	1.0603	1.0765	1.0930	1.1100	1.1276	1.1456
100	1.0466	1.0627	1.0792	1.0962	1.1136	1.1316
温度/℃	浓度/%					
	24	26	28	30	35	40
0	1.20559	1.22576				
10	1.20227	1.22225				
20	1.19802	1.21784	1.23825	1.25927	1.31467	1.37457
25	1.19570	1.21541	1.23570	1.25660	1.31173	1.37149
30	1.19333	1.21294	1.23313	1.25392	1.30887	1.36851
40	1.18819	1.20764	1.22169	1.24838	1.30306	1.36247
50	1.18248	1.20180	1.22173	1.24230	1.29674	1.35593
60	1.1769	1.1961	1.2160	1.2365	1.2907	1.3496
80	1.1641	1.1832	1.2030	1.2233	1.2771	1.3356
100	1.1501	1.1691	1.1888	1.2090	1.2627	1.3211

11.3 黏　　度

表 11.3.1 溴化物的动力黏度

(1) 温度单位为摄氏度　　　单位：mPa·s

名称	温度/℃												
	240	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
AgBr						3.27	2.83	2.51	1.92	1.65	1.44	1.29	1.19
KBr												1.46	1.22
$HgBr_2$	3.31	2.82	1.79^{260}										
NaBr												1.45^{760}	1.28^{780}
$PbBr_2$				12.4	7.83	5.46	3.86						

（2）温度单位为热力学温度

名称	温　度　/K								
	960	1020	1045	1060	1080	1120	1140	1180	1210
KBr		1.18	1.17	1.06	10.1	0.96	0.88	0.83	
LiBr	1.14						0.92		
NaBr			1.39	1.28	1.20	1.14	1.06	1.01	0.96

表 11.3.2　溴化钠水溶液的比黏度（25℃）

浓度/(mol/L)	1.0	0.5	0.25	0.125
$\eta/\eta_{水}$	1.0639	1.0299	1.0148	1.0078

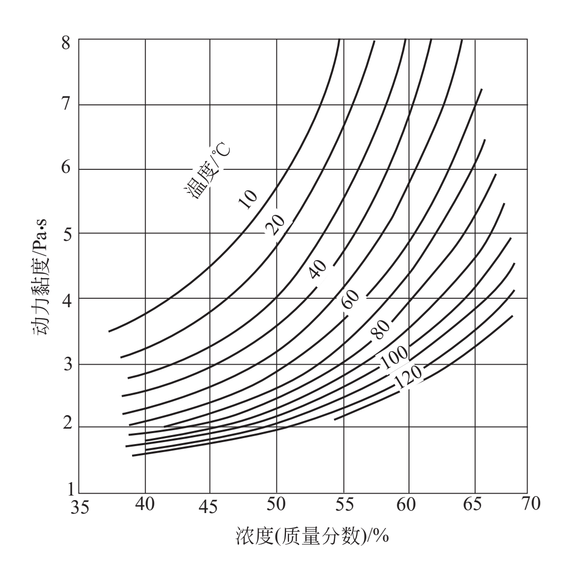


图 11.1　溴化锂水溶液的黏度

11.4　表 面 张 力

表 11.4.1　溴化物的表面张力　　单位：mN/m

名称	温　度　/℃													
	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200
AgBr	153	152	151	150										
BBr_3	27.8^{30}													
CsBr					82.8	79.5	76.1	72.7	69.4					
KBr							88.2	84.6	81.0	77.4	73.8			
NaBr							105			92			82.2	
NaBr-N_2							107	103	99.4	95.8	92.3	88.9		75.8
PBr_3	44.7^{0}	36.0^{100}												
RbBr						86.9	84.0	80.0	77.1					
$SrBr_2$						147	145	143	140	138	136	134		
$ZnBr_2$		49.5	49.9	47.8	43.1	35.8								

表 11.4.2　溴化物水溶液的表面张力

（1）溴化钾水溶液（20℃）　　单位：mN/m

浓度/(mol/L)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.8
δ	734	74.1	74.7	75.3	76.0	76.7	77.5	78.2	78.9	79.1

（2）溴化钠水溶液（20℃）　　　　单位：mN/m

m/%	5	6	7	8	10	12	14	16	20	22	23
σ	73.46	73.58	73.85	74.16	74.50	74.87	75.25	75.63	76.01	76.38	76.55

表 11.4.3　溴化锂-乙醇溶液的表面张力（14℃）

浓度(质量分数)/%	0.95	2.60
σ/(mN/m)	23.08	23.35

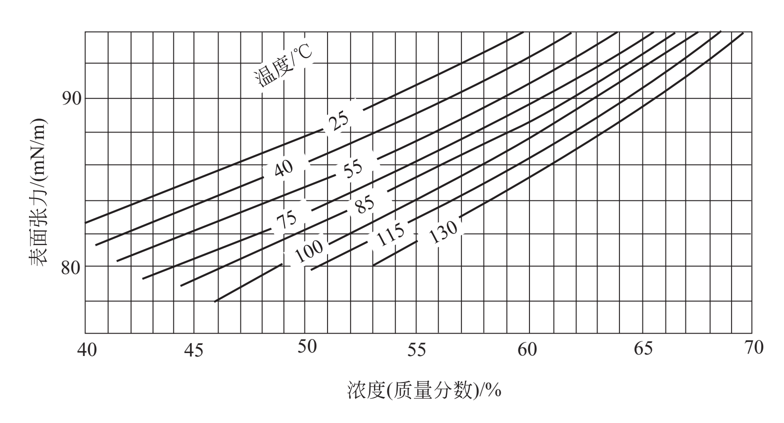


图 11.2　溴化锂水溶液的表面张力

11.5 溶　解　度

表 11.5.1　溴化物在水中的溶解度（Ⅰ）

分子式	名　称	在下列温度(℃)时无水溴化物在 100g 水中的最大溶解质量/g												
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	200
$BaBr_2$	溴化钡	90.5	94.2	98.0	100	102	106	111		121^{75}			132	
$BaBr_2 \cdot 2H_2O$	溴化钡·2 水	98	101	104		109	114	118	123	128	135		149	
$CaBr_2$	溴化钙	125	132	143	153		213		278		295			312^{105}
$CdBr_2$	溴化镉	56.2	74.8	98.4	112.3	129	152		154		157		160	218
$CdBr_2 \cdot 4H_2O$	溴化镉·4 水	56.2	75.4	98.8		129	152		153		155		161	
$CoBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化钴·6 水	91.9			119		156		226		242		257	
CsBr	溴化铯	81.9		119	123		155		195		214			
$CuBr_2$	溴化铜	108		127		128		132						
$CuBr_2 \cdot 4H_2O$	溴化铜·4 水	108	116	127		128		131						
$FeBr_2$	溴化亚铁		108	116	120	124	134	142	147	154	168	183	184	
$FeBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化亚铁·6 水	102		115		122	128		144		160		178	
$HgBr_2$	溴化汞	0.30	0.40	0.55	0.61	0.66	0.91	1.26	1.68		2.80		4.90	
$KAuBr_4 \cdot 2H_2O$	四溴化钾金·2 水			24									192	
KBr①	溴化钾	53.5	59.5	65.2	68.1	70.9	75.8	80.2	85.5	90.0	94.6	99.2	104	
LiBr	溴化锂	143	147	160	170		211		223		245		266	
$LiBr \cdot H_2O$	溴化锂·1 水							214	224		225		226	
$LiBr \cdot 2H_2O$	溴化锂·2 水	143	166	177		191	205							
$MgBr_2$	溴化镁		99	101	103		106		112				125	
$MgBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化镁·6 水	91.0	94.5	96.5		99.2	102	104	108		114		120	
$MnBr_2 \cdot 2H_2O$	溴化锰·2 水										225	226	228	
$MnBr_2 \cdot 4H_2O$	溴化锰·4 水	127	136	147		157	169	182	197	212				
NaBr	溴化钠	80.1	85.2	90.8	94.6	98.4			117		118		121	

续表

分子式	名称	在下列温度(℃)时无水溴化物在100g水中的最大溶解质量/g												
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	200
$NaBr \cdot 2H_2O$	溴化钠·2水	79.5		90.5		97.6	106	116			118			
NH_4Br	溴化铵	60.6	68.0	75.5		83.2	91.1	99.2	108	117	126	136	146	
$NiBr_2$	溴化镍	113	122	131	134	138	144	150	152		154		155	
$NiBr_2 \cdot 3H_2O$	溴化镍·3水	113	122	131	134	138	144	150	152		154		155	
$PbBr_2$	溴化铅	0.46		0.85		1.15	1.53	1.94	2.36		3.34		4.75	
RbBr	溴化铷	89	104^{15}		113		132						191	
$SrBr_2$	溴化锶	88		100			113		135		175			227
$SrBr_2 \cdot 6H_2O$	溴化锶·6水	85.2	93.0	102		112	123	136	150		182		222	
TlBr	溴化铊	0.024			0.05				0.64					
$ZnBr_2$	溴化锌	389	426^{15}		470	525	592		619		644		672	
$ZnBr_2 \cdot 2H_2O$	溴化锌·2水	389		446		528								

① 温度为110℃、120℃、140℃、160℃、180℃、200℃时，其值分别为109.5g、115.4g、125.0g、134.5g、144.0g、153.0g。

表 11.5.2　溴化物在水中的溶解度（Ⅱ）　　单位：g/100g水溶液

（1）溴化铵、溴化钙和溴化钠

名称		温度/℃											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
溴化铵	32.1^{-17}	37.3	40.0	42.6	43.9	45.0	47.3	49.4	51.2	52.8	54.4	56.0	57.4
溴化钙	50.5^{-22}	55.5	57.0	58.8	60.5	63.0	68.1		73.5		74.4		75.7^{105}
溴化钠		44.5	46.0	47.6	48.6	49.6	51.6	53.7	54.1	54.3	54.5	54.6	54.8

名称	温度/℃											
	120	140	160	180	200	225	250	275	300	350	400	480
溴化铵	61.5	64.5	67.0	69.5	71.5	72.4	76.5	78.2	81.0	84.5	87.5	91.5
溴化钠	55.8	56.5	58.3	59.5	60.5	61.5						

（2）溴化锂

项目	温度/℃							
	−72	−68	−63	−53	−49	−30	−10	0
溶解度	39.1	39.3	39.4	47.9	48.9	51.0	55.0	58.8
固相	$LiBr \cdot 5H_2O$+冰			$LiBr \cdot 5H_2O + LiBr \cdot 3H_2O$		$LiBr \cdot 3H_2O$		
项目	温度/℃							
	4	5	10	20	25	30	32	33
溶解度	59.2	59.0	62.4	63.9	65.3	65.7	65.4	67.6
固相	$LiBr \cdot 3H_2O + LiBr \cdot 2H_2O$		$LiBr \cdot 2H_2O$				$LiBr \cdot 2H_2O + LiBr \cdot H_2O$	
项目	温度/℃							
	33	40	44	50	60	80	100	159
溶解度	67.6	67.8	67.7	67.9	69.1	71.0	72.7	—
固相	$LiBr \cdot 2H_2O + LiBr \cdot H_2O$		$LiBr \cdot 2H_2O$			$LiBr \cdot 2H_2O + LiBr$		

表 11.5.3　溴化物在有机溶剂中的溶解度

分子式	名称	乙醇	甲醇	丙酮	吡啶	甘油	乙醚	乙二醇	异戊醇	其他溶剂
		每100g溶剂中的溶解质量/g								
AgBr	溴化银	0.02	0.70	(μg)						
$AlBr_3$	溴化铝				4.0	苯 125		CS_2 150		表 11.5.5
$BaBr_2$	溴化钡	3.6	4.1	0.026					0.02	
$CaBr_2$	溴化钙	表 7.5.4①	表 7.5.3①	2.73					25.6	
$CdBr_2$	溴化镉	26.6^{15}	16.1	18.1	0.80		0.4^{15}			

续表

分子式	名 称	乙醇	甲醇	丙酮	吡啶	甘油	乙醚	乙二醇	异戊醇	其他溶剂
		每100g溶剂中的溶解质量/g								
$CoBr_2$	溴化钴	77	43	64						
$CoBr_2\cdot 6H_2O$	溴化钴·6水	表7.5.4①	表7.5.3①	65^{20},92.4^{40}			+			÷氯仿、乙酸乙酯
$HgBr_2$	溴化汞	表7.5.4①	表7.5.3①	39.6^{30}	24.0^{10}	15.7				苯0.7
KBr	溴化钾	0.46	2.1	0.03		15			0.002	
LiBr	溴化锂	表7.5.4①	53.9					60		苯甲醇11.5^{25}
$MgBr_2$	溴化镁	表7.5.4①	表7.5.3①	2.0	0.55^{25}		2.5			吡啶2.6^{60}
NaBr	溴化钠	表7.5.4①	表7.5.3①	0.003		38.7	0.08			戊醇0.12
NH_4Br	溴化铵	3.4	12.5				0.12			
$NiBr_2$	溴化镍		35	0.80						
$PbBr_2$	溴化铅				0.6					
RbBr	溴化铷	0.078^{25}		0.005^{18}						液氨22.3^{0}
$SrBr_2$	溴化锶	表7.5.4①	表7.5.3①	0.6^{20}					31	液氨0.008^{0}
$ZnBr_2$	溴化锌			365	4.4					

① 为有机卷表号。

注：右上角数字为与其相对应的温度；未注明时则为18～25℃。

表 11.5.4 溴化锂在丙酮中的溶解度 单位：%（质量分数）

温度/℃	10	20	30	32	35	37	40	50	60
溶解度	11.8	15.4	17.6	18.1	18.3	19.1	20.8	25.7	28.4

表 11.5.5 $AlBr_3$ 在 BBr_3 中的溶解度

温度/℃	−46.1	−20	0	20	40	60	80
$AlBr_3$(摩尔分数)/%	10.5	13.5	20	31	44	59	78
固相	$AlBr_3+BBr_3$			$AlBr_3$			

表 11.5.6 $AsBr_3$ 在 BBr_3 中的溶解度

温度/℃	−54	−30	−20	−10	0	10	15	20
$AlBr_3$(摩尔分数)/%	5	11.5	16	21	33	49	60	81.5
固相	$AsBr_3+BBr_3$				$AsBr_3$			

11.6 蒸 气 压

表 11.6.1 溴化物的蒸气压（Ⅰ）

分子式	名 称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
$AlBr_3$	三溴化铝	78.1	86.5	96.1	104.7	111.9	126.9	143.1	157.6	167.5	189.0	215.2	239.2	256.3	97
$AsBr_3$	三溴化砷	37.5	48.6	60.9	71.5	78.9	94.1	110.9	125.8	136.1	157.4	182.4	204.6	220.0	
BBr	溴化硼	−44	−36	−28	−20	−14	−3	9	20	27	33	62	77	91.7	
BBr_3	三溴化硼	−44.4	−36.6	−27.7	−19.8	−14.6	−3.8	8.2	18.9	26.6	42.3	61.3	79.0	91.7	−45
$BeBr_2$	溴化铍	285	297	312	326	334	353	370	386	396	416	440	459	474	490
$BiBr_3$	溴化铋					270	295	320	338	350	375				
$BiBr_3$	三溴化铋	—	—	—	262.4	273.1	295.0	317	335	348	378	411	440	461	218
CBr_4	四溴化碳	—	—	—	—	—	—	—	102.5	111.7	130.4	153.1	174.3	189.5	90.1
$CdBr_2$	溴化镉	510	534	557	578	583	626	660	690	710	750				
CNBr	溴化氰	46.1	21.6	−1.8	−17.8	−13.6	−5.2	4.0	12.2	17.7	28.2	40.4	52.4	61.5	58
$CrBr_3$	三溴化铬	684	705	729	748	760	785								

续表

分子式	名　称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
CsBr	溴化铯	734	770	808	841	866	916	968	1015	1046	1110	1186	1253	1300	636
Cu_2Br_2	溴化亚铜	557	595	635	669	695	752	814	872	914	1008	1131	1257	1355	504
$GeBr_4$	四溴化锗	—	—	—	44.2	51.0	65.1	80.7	94.8	104.6	125.2	150.2	173.0	189.0	26.1
HBr	溴化氢	−140.0	−136.4	−131.6	−127.1	−142.3	−118.6	−111.8	−105.8	−101.6	−93.1	−82.7	−73.3	−66.5	−87.0
$HgBr_2$	溴化汞	132.2	143.3	155.6	166.2	173.4	187.6	203.8	217.4	227.8	251.4	278.2	302	319	237
KBr	溴化钾	780	818	860	895	919	971	1025	1074	1108	1179	1260	1331	1383	730
LiBr	溴化锂	734	770	810	843	867	917	969	1016	1048	1116	1192	1260	1310	547
NaBr	溴化钠	791	829	871	906	931	983	1037	1087	1120	1188	1268	1339	1392	755
NH_4Br	溴化铵	192.6	206.9	222.4	235.6	244.5	262.4	281.4	298.8	310	334	360	381	396	
$PbBr_2$	溴化铅	503	528	556	580	596	631	667	702	725	773	830	879	914	373
PBr_3	三溴化磷	3.8	14.0	25.4	35.2	42.0	55.8	71.5	85.7	95.3	115.2	139.0	160.4	175.3	−40
PH_4Br	溴化磷	−49.9	−43.1	−35.1	−28.1	−24.4	−17.1	−9.0	−1.9	2.9	12.4	23.2	32.2	38.3	
RbBr	溴化铷	766	804	845	879	903	953	1006	1054	1086	1154	1232	1301	1352	682
$SbBr_3$	溴化锑	89.0	101.5	115.2	127.1	135.6	151.3	168.9	184.1	194.3	215.5	239.5	260.5	275.0	96.6
$SnBr_4$	四溴化锡	—	—	—	59.2	66.5	81.2	97.7	112.2	122.2	142.8	166.9	188.9	204.7	31.0
TlBr	溴化铊	—	—	—	492	508	543	580	613	634	680	734	782	819	460
UBr_3	三溴化铀	960	1000	1040	1078	1104	1158	1217	1268	1302	1370				
UBr_4	四溴化铀	470	484	500	516	527	553	583	610	628	668				
$ZrBr_4$	四溴化锆	202.4	214.1	226.9	237.8	244.4	258.9	274.2	285.9	293.7	310	329	345	357	450

表 11.6.2　溴化物的蒸气压（Ⅱ）

分子式	名　称	相应于下述蒸气压强(Pa)的温度/℃													
		10	20	40	70	100	200	400	700	1000	2000	4000	7000	10000	20000
$HgBr_2$	溴化汞	95	106	117	126	132	143	157	168	175	190	207	220	230	248
Hg_2Br_2	溴化亚汞	138	150	163	174	181	196	212	226	235	253	273	290	303	325
LiBr	溴化锂	635	655	682	710	726	765	802	840	865	915	970	1020	1050	1120
NaBr	溴化钠	685	715	745	772	785	825	865	900	926	980	1038	1088	1125	1192
$NiBr_2$	溴化镍	580	600	619	635	645	664	687	707	720	744	771	795	810	843
$PbBr_2$	溴化铅	430	450	470	490	506	530	555	580	600	635	670	705	730	780
RbBr	溴化铷	606	683	714	742	760	806	856	896	923	975	1025	1065	1090	1142
$SnBr_2$	溴化亚锡	277	294	310	324	335	353	375	393	403	430	458	483	500	537
$SnBr_4$	溴化锡	84	93	102	111	117	132	147	162	172	193	216	236	250	277
TlBr	溴化铊	360	378	396	412	424	445	471	483	509	540	577	610	632	680

表 11.6.3　溴化铵水溶液的蒸气压　　单位：kPa

项目	温　度　/℃							
	90	95	100	105	110	115	120	125
浓度/(g/100g 水)	133.0		144.0		155.4		167.3	
蒸气压	43.95	52.02	61.25	71.74	83.63	97.12	112.4	129.5

项目	温　度　/℃						
	130	135	140	145	150	155	160
浓度/(g/100g 水)	179.7		191.8		202.2		212.8
蒸气压	148.4	169.6	193.3	220.0	249.6	282.2	318.0

11.7 比 热 容

表 11.7.1 溴化铵水溶液的比热容（18℃）

单位：kJ/(kg·℃)

浓度(质量分数)/%	2.5	5.0	10	15	20	25	28
c_p	4.06	3.95	3.73	3.50	3.27	3.04	2.90

表 11.7.2 溴化硼气体的比热容

单位：J/(mol·K)

温度/K	298.2	400	500	600	800	1000
c_p	67.97	72.82	75.70	77.71	79.89	81.02

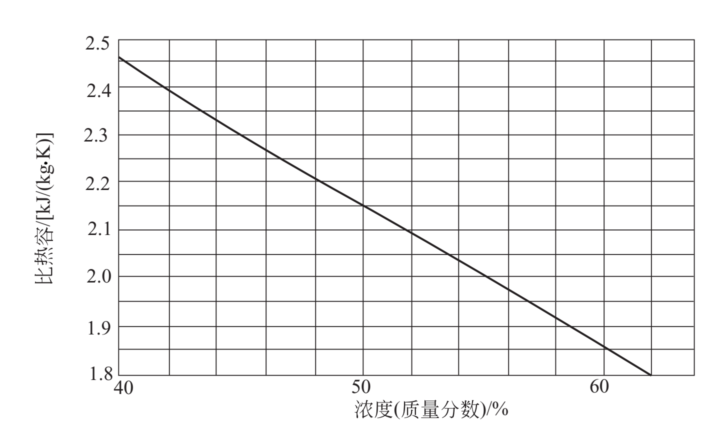


图 11.3 溴化锂水溶液的比热容

11.8 热 导 率

表 11.8.1 溴化钾的热导率 单位：W/(m·K)

温度/K	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
KBr	55.55	88.33	117.62	120.87	124.94	118.08	106.92	92.05	76.36	60.67	52.65
温度/K	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
KBr	48.81	37.42	29.64	23.83	19.52	16.27	15.11	14.54	13.97	13.40	12.84

注：试件直径 3.1mm，长度 23.5mm，用汞齐触点测量。

表 11.8.2 溴化银的热导率 单位：W/(m·K)

温度/K	300	350	400	450	500	550	600	650	700
AgBr	0.9309	0.7905	0.7143	0.6902	0.5538	0.5308	0.4789	0.4789	0.7218

注：试件为 ϕ3mm 的铸件。

表 11.8.3 溴化铯的热导率 单位：W/(m·K)

温度/K	230	250	270	290	310	330	350	370
CsBr	1.075	0.9937	0.9229	0.8891	0.8296	0.7952	1.8045	0.7696

注：试件为 ϕ20mm、δ=5mm 的晶体块。

表 11.8.4 溴化物水溶液的热导率（20℃） 单位：W/(m·℃)

温度/℃	质 量 浓 度/%			
	0	5	10	15
25	0.2092	0.2089	0.2086	0.2080
40	0.2034	0.2042	0.2028	0.2022
52	0.2011	0.2007	0.2005	0.1999

表 11.8.5　溴化物水溶液的热导率（20℃）　　单位：W/(m·K)

名称	浓度/%										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$BaBr_2$	0.598	0.590	0.582	0.573	0.564	0.554	0.542	0.529	0.515		
$CaBr_2$	0.598	0.589	0.579	0.569	0.556	0.543	0.529	0.513	0.495	0.475	0.453
KBr	0.598	0.586	0.575	0.563	0.550	0.535	0.518	0.500	0.483		
LiBr	0.598	0.585	0.572	0.558	0.542	0.525	0.507	0.489	0.471		
$MgBr_2$	0.598	0.586	0.573	0.558	0.542	0.524	0.504	0.482	0.459	0.434	0.407
NaBr	0.598	0.590	0.580	0.569	0.558	0.546	0.533	0.519	0.503		
$SbBr_3$	0.598	0.590	0.581	0.571	0.560	0.549	0.536	0.522	0.506	0.488	0.467

11.9　熔融热和汽化热

表 11.9.1　溴化物的熔融热的汽化热　　单位：kJ/mol

分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热	分子式	熔融热	汽化热
AgBr	9.13	98.5	$CrBr_3$		(226.1)①	PBr_3		48.6	$SOBr_2$		43.5
AlBr	11.3	67.3	CsBr		150.7	PBr_5		17.6	SO_3FBr		36.3
$AsBr_3$	17.2	41.9	CuBr		147.0①	$PbBr_2$	18.5	116.0	$TaBr_5$	45.6	62.0
BBr	(2.93)	30.6	$FeBr_2$	64.9	132.3	$PFBr_2$		30.7	ThBr	39.8	144.4
B_2H_5Br		26.1	GeBr		35.8	$POBr_3$		45.6	$TiBr_4$	12.9	55.3
$BaBr_2$	(25.1)	(209.4)	HBr	24.1	17.6	$PuBr_3$	56.1	236.6	TlBr	25.1	99.6
$BeBr_2$	(18.8)	(92.1)	$HfBr_4$		100.5①	RbBr	15.5	155.4	UBr_3	46.1	188.4
$BiBr_3$	21.7	75.5	$HgBr_2$	16.6	59.0	$SbBr_3$	14.7	50.2	VBr_2		188.4①
CBr_4	4.0	(40.6)	IBr		52.1①	SiB_4	(3.3)	37.9	VBr_3		181.3①
CNBr	47.3①	46.1	KBr	20.9	155.2	SiH_2Br_3		34.8	WBr_5	20.9	60.7
$CaBr_2$	17.5	(209.4)	LiBr	12.1	148.3	SiH_2Br_2		28.6	$WOBr_4$	61.5	54.4
$CdBr_2$	20.9	113.0	$MgBr_2$	34.8	(146.5)	SiH_3Br		23.6	$ZnBr_2$	16.7	101.5
$CeBr_3$	(33.5)	(184.2)	NaBr	25.7	158.9	Si_2H_5Br		29.3	$ZrBr_4$		108.0①
$CoBr_2$		217.8①	$NbBr_5$	111.0①	83.3	$SnBr_2$	7.2	136.1			
$CrBr_2$	(27.2)	(146.5)	$NiBr_2$		229.6	$SnBr_4$	12.6	(44.0)			

① 升华热。

11.10　其 他 物 性

表 11.10.1　溴化物的线胀系数　　单位：$\times10^{-6}$ ℃$^{-1}$

名称	温　度　/℃													
	−250	−200	−150	−100	−50	0	20	100	200	300	400	500	600	700
CsBr	13.5	36.3	40.6	43.1	45.0	46.3	47.4	50.6	54.8	58.8				
KBr	3.7	24.5	31.8	35.0	36.8	38.2	38.7	40.4	42.8	45.9	50.9	57.3	64.8	73.4
LiBr			36.8	42.2	46.0	48.9	49.8							
NaBr		33.6		37.2	39.6	41.5	42.3							

表 11.10.2　溴化物的其他物性

(1) 介电常数

名　称	介电常数	名　称	介电常数	名　称	介电常数
三溴化砷	$9.0^{36.5}$	溴化氢	7.0^{-84}	溴化氨	7.2
三溴化锑	33^{74},20.9^{100}	溴化氢	$3.8^{-4.4}$	溴化银	12.2
三溴化磷	3.9^{20}	溴化铵	7.2	溴氧化钒(25.6℃)	3.6
溴化铝	3.4^{100}	溴化硼	2.6^{0}		

（2）临界值等

物料名	临界温度/K	临界压力/kPa	临界体积/(L/mol)	三相点温度/K	三相点压力/Pa
溴化钾	3520	11552	0.314	1007	40.75
溴化钠	4287	19251.7	0.398	1020	42.72

物料名	偏心因子	临界压缩因子	25℃时理想气体标准生成焓/(kJ/mol)	25℃时物质的绝对熵/[J/(K·kmol)]
溴化钾	—	0.124	－180080	250520
溴化钠	－0.799767	0.215	－143930	241116

11.11 溴化物的质量指标

表 11.11.1 工业溴化钾的质量指标（HG/T 3808—2006）

项目		指标		项目		指标	
		优等品	一等品			优等品	一等品
主含量(以 KBr 计)(质量分数)/%	≥	99.0	98.5	碘化物(以 I 计)(质量分数)/%	≤	0.006	0.01
水分(质量分数)/%	≤	0.3	0.5	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0004	0.0005
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.1	0.5	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0004	0.0005
硫酸盐(以 SO_4计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	pH 值(50g/L 溶液)		5.5～7.5	5.0～8.0
溴酸盐(以 BrO_3计)(质量分数)/%	≤	0.003	0.005				

用途：分光和红外线的传送，制造感光胶片、显影药、底片加厚剂、调色剂和黑色照片漂白剂等。医药上用作神经镇静剂；农药分析。

表 11.11.2 试剂用溴化钾的质量指标（GB/T 649—1999）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
含量(KBr)(质量分数)/%	≥	99.0	98.0	总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002
pH 值(50g/L,25℃)		5.5～8.5	5.5～8.5	钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	2 号	4 号	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.2	0.5	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005
溴酸盐(BrO_3)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	钡(Ba)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
碘化物(I)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002,	0.005	外观		白色结晶或粉末	

用途：点滴分析测定铜及银。

表 11.11.3 工业溴化钠的质量指标（HG/T 3809—2006）

项目		指标		项目		指标	
		优等品	一等品			优等品	一等品
主含量(以 NaBr 计)(质量分数)/%	≥	99.0	98.5	碘化物(以 I 计)(质量分数)/%	≤	0.006	0.01
水分(质量分数)/%	≤	0.3	0.5	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0004	0.0005
氯化物(以 Cl^- 计)(质量分数)/%	≤	0.1	0.5	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0004	0.0005
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	pH 值(50g/L 溶液)		5.5～7.5	5.0～8.0
溴酸盐(以 BrO_3计)(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	外观		白色结晶	

用途：主要用作照相乳剂材料、医药中间体、合成香料、发泡剂水处理等。

表 11.11.4　试剂用溴化钠的质量指标（GB/T 1265—2003）

项　目		指标 分析纯	化学纯	项　目		指标 分析纯	化学纯
含量(NaBr)/%	≥	99.0	98.0	总氮量(N)/%	≤	0.001	0.002
pH值(50g/L,25℃)		5.5～8.5	5.5～8.5	镁(Mg)/%	≤	0.0005	0.002
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	3号	5号	钾(K)/%	≤	0.1	—
水不溶物/%	≤	0.005	0.02	钙(Ca)/%	≤	0.002	0.005
氯化物(Cl)/%	≤	0.2	0.5	铁(Fe)/%	≤	0.0002	0.0005
溴酸盐(BrO_3)/%	≤	0.001	0.003	钡(Ba)/%	≤	0.002	0.005
碘化物(I)/%	≤	0.02	0.05	重金属(以Pb计)/%	≤	0.0002	0.0005
硫酸盐(SO_4)/%	≤	0.002	0.005				

表 11.11.5　试剂溴化铵的质量指标（GB/T 1277—94）

项　目		指标 分析纯	化学纯	项　目		指标 分析纯	化学纯
溴化铵(NH_4Br)(质量分数)/%	≥	99.0	98.0	碘化物(I)(质量分数)/%	≤	0.005	0.05
pH值(50g/L溶液,25℃)		4.5～6.0	4.5～6.0	干燥失量(质量分数)/%	≤	0.3	0.5
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	灼烧残渣(质量分数)/%	≤	0.03	0.10
氯化物(Cl^-)(质量分数)/%	≤	0.2	0.3	重金属(质量)/$\times10^{-6}$	≤	0.0002	0.0005
溴酸盐(BrO_3^-)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005
硫酸盐(SO_4^{2-})(质量分数)/%	≤	0.005	0.01				

表 11.11.6　工业溴化铵的质量指标（HG/T 3810—2006）

项　目		指标	项　目		指标
主含量(以NH_4Br计)(质量分数)/%	≥	99.0	重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.0005
水分(质量分数)/%	≤	0.2	pH值(50g/L溶液)	≤	4.5～6.0
氯化物(以Cl计)(质量分数)/%	≤	0.1	外观		白色晶体
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.01			

用途：医药上用作镇静剂，感光工业上用作感光乳剂。也用于木材防火防腐剂及化学分析试剂等方面。

表 11.11.7　制冷机用溴化锂溶液的质量指标（HG/T 2822—2005）

项　目		指标 Ⅰ类(铬酸锂)	Ⅱ类(钼酸锂)	项　目		指标 Ⅰ类(铬酸锂)	Ⅱ类(钼酸锂)
溴化锂(LiBr)(质量分数)/%	≥	50.0	50.0	铵盐(以NH_4^+计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001
pH值(100g/L溶液)		9.0～10.5	9.0～10.5	钾(K)和钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.05	0.05
铬酸盐($Li_2CrO_4^-$)(质量分数)/%	≤	0.2～0.3		钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005
钼酸盐($Li_2MoO_4^-$)(质量分数)/%	≤		0.005～0.03	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001
氯化物(以Cl^-计)(质量分数)/%	≤	0.15	0.15	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001
硫酸盐(以SO_4^{2-}计)(质量分数)/%	≤	0.04	0.04	碳酸盐(以CO_3^{2-}计)(质量分数)/%	≤	0.04	0.04
溴酸盐(以BrO_3^-计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	外观		黄色透明液体	无色液体

用途：低温热交换介质。空气调节系统。有机工业用作氯化氢脱除剂和有机纤维膨胀剂。医药上用作催眠剂和镇静剂。电池工业用作高能电池和微型电池的电解质。也用于照相行业和分析化学中。

11.12 溴 酸 盐

表 11.12.1 溴酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$AgBrO_3$	溴酸银	235.78	无	晶或白、粉	1.874	5206	//		0.16^{20}	1.3^{80}	−N	$+NH_4OH$		
$Al(BrO_3)_3$	溴酸铝	410.68		团、晶	~		62		+		÷N	$+NH_4OH$		
$Al(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$	溴酸铝·9水	572.86		晶	~		62.3	//100	+				−	−丙酮
$Ba(BrO_3)_2 \cdot H_2O$	溴酸钡·1水	411.15	白	单		3990^{18}	$-H_2O$ 200	//260	表 11.2.9		//Cl,S			
$BaPtBr_6 \cdot 10H_2O$	溴铂酸银·10水	992.25		单		3713								
$Bi_2O_3Br_2O_5 \cdot 3H_2O$	碱式溴酸铋·3水	759.81	白	片、粉			$-3H_2O$ 150							
$Ca(BrO_3)_2 \cdot H_2O$	溴酸钙·1水	313.90	无	单		3329	$-H_2O$ 180	//	++					
$Cd(BrO_3)_2 \cdot H_2O$	溴酸镉·1水	386.26		晶		3800	//		125^{17}					
$Cd(BrO_3)_2 \cdot 2H_2O$	溴酸镉·2水	404.24		斜			受热//		÷					
$Ce(BrO_3)_2 \cdot 9H_2O$	溴酸铈·9水	686.02	无	六			49	//	+	+				
$Co(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$	溴酸钴·6水	422.83	无	八				//	45.5^{17}			$+NH_4OH$		
$CsBrO_3$	溴酸铯	260.83				4100^{20}	420		3.66^{25}	5.32^{35}				
$Cu(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$	溴酸铜·6水	427.45	蓝灰	立或白、粉		2585	//180	$-6H_2O$ 200	++			$+NH_4OH$		
$Dy(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$	溴酸镝·9水	708.35	黄	六			78	$-6H_2O$ 110	−				÷	
$Fe(BrO_3)_2$	溴酸亚铁	311.65		晶、粉						+//				
$HgBrO_3$	溴酸亚汞	328.53	浅黄					//		//	÷N			
$Hg(BrO_3)_2 \cdot 2H_2O$	溴酸汞·2水	492.42	白	棱			//130		0.154	1.56	+//Cl;÷N			$+Hg(NO_3)_2$
$Hg_2(BrO_3)_2$	溴酸亚汞	656.98	白	粉或板			受热爆炸		×		++Cl;÷N			
$KBrO_3$	溴酸钾	167.00	无或白	三	有毒	3270^{18}	370//		表 11.2.9				÷	−丙酮
K_2PtBr_4	溴亚铂酸钾	593.09	棕	正					+++	+++				
K_2PtBr_6	溴铂酸钾	752.92	红	立		4660^{24}	<400//		2.07^{10}	10			−	
$La(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$	溴酸镧·9水	684.81		六			37.5	$-7H_2O$ 100	97.9	230^{35}			−	
$LiBrO_3$	溴酸锂	134.84		针	~				154^{18}					
$Mg(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$	溴酸镁·6水	388.20	无	八	风化 1.514	2290	$-6H_2O$ 200	//	42^{18}	++			−	+其热结晶水
$MgPtBr_6 \cdot 12H_2O$	溴铂酸镁·12水	915.24		晶		2802								
$MnPtBr_6 \cdot 12H_2O$	溴铂酸锰·12水	945.85		晶		2759^{20}								
$NaBrO_2$	亚溴酸钠	134.89	柠檬黄	液		1460					//			
$NaBrO_3$	溴酸钠	150.90	无	立	风化 1.5943	3339^{18}	381		表 11.2.9				—	+液氨

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密　度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Na_2PtBr_6 \cdot 6H_2O$	溴铂酸钠·6水	828.82	深红	三		3323	//		+++				+++	
$Nd(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$	溴酸钕·9水	690.16	红	六			66.7	$-9H_2O$ 150	13.5△	1.15△				(△-无水物)
NH_4BrO_3	溴酸铵	145.94	无	针	空气中炸				+	+				
$(NH_4)_2PtBr_6$	溴铂酸铵	710.81	红	立		4265^{24}	//		0.59^{20}					
$NiPtBr_6 \cdot 6H_2O$	溴铂酸镍·6水	841.51		晶		3715								
$Ni(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$	溴酸镍·6水	422.62	绿	立		2575	//		28			$+NH_4OH$		
$Pb(BrO_3)_2 \cdot H_2O$	溴酸铅·1水	481.02	无或白	单、粉		5530		//180	1.34^{20}					
$Pr(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$	溴酸镨·9水	686.81	绿	六			56.5	$-7H_2O$ 100	55.8△	144^{40}△				(△-无水物)
$RbBrO_3$	溴酸铷	213.40				3680	430		2.92^{25}	5.08^{40}				
$Sm(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$	溴酸钐·9水	696.32	黄	六			75	$-9H_2O$ 150	114^{25}				÷÷	
$Sn(BrO_3)_2$	溴酸亚锑	374.49	黄白	粉					—		+Cl			
$Sr(BrO_3)_2 \cdot H_2O$	溴酸锶·1水	361.44	无	单	~	3800	$-H_2O$ 120	//240	31^{18}					
$Y(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$	溴酸钇·9水	634.81		六棱			74	$-6H_2O$ 100	168^{25}				÷	-乙醚
$Zn(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$	溴酸锌·6水	429.28	白	立或八	1.545	2566	100	$-6H_2O$ 200	100	∞		$+NH_4OH$		

表 11.12.2　溴酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
溴酸钠	7789-38-0	51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1	R36/37;R9	S17;S26;S37/39
溴酸钡	13967-90-3	51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1		
溴酸钾	7758-01-2	51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1	R25;R45;R9	S45;S53
溴酸铅	34018-28-5	51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1		
溴酸银		51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1		
溴酸锌		51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1		
溴酸锶		51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1		
溴酸镁		51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1		
溴酸镉		51510		助	—	—	乙	—	W,T	5.1		

11.12.1 密　　度

表 11.12.3　溴酸钾饱和水溶液和密度

温度/℃	5	10	15	20	25	30	35	40
ρ/(g/cm³)	1.024	1.035	1.042	1.048	1.054	1.062	1.074	1.083

表 11.12.4　溴酸盐水溶液的密度　　单位：g/cm³

名　称	温度/℃	浓度(质量分数)/%							
		1	2	3	4	5	6	8	10
$KBrO_3$	20	1.006	1.013	1.021	1.028	1.036			
$NaBrO_3$	18	1.006	1.014	1.022	1.030	1.039	1.047	1.064	1.082
名　称	温度/℃	浓度(质量分数)/%							
		12	14	16	18	20	22	24	30
$NaBrO_3$	18	1.100	1.118	1.137	1.157	1.177	1.198	1.219	1.356

11.12.2 溶　解　度

表 11.12.5　溴酸钾在水中的溶解度　　单位：g/100g 饱和溶液

温度/℃	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80
溶解度	2.96	3.64	4.51	5.40	6.46	7.53	8.78	10.1	11.6	13.1	14.7	18.2	25.5
温度/℃	100	134	149	160	170	186	204	226	249	265	279	297	312
溶解度	33.3	43.6	48.4	51.1	54.1	59.9	64.2	70.6	72.6	77.2	81.1	83.1	86.4

表 11.12.6　溴酸钾在硝酸钠水溶液中的溶解度（25℃）

项目	浓度/(g/L)									
	0	40	80	120	160	200	240	280	320	340
溶解度/(g/L)	78.79	95.01	107.0	116.6	126.1	136.1	146.1	151.3	156.6	172.0
溶解度/(mol/L)	0.4715	0.5686	0.6485	0.7082	0.7570	0.8145	0.8772	0.9388	1.001	1.030

表 11.12.7　溴酸钾在氯化钠水溶液中的溶解度（25℃）

项目	浓度/(g/L)								
	0	30	60	90	120	150	180	210	240
溶解度/(g/L)	78.79	82.35	90.01	95.22	101.0	103.1	105.0	106.0	107.1
溶解度/(mol/L)	0.4715	0.5225	0.5523	0.5510	0.6052	0.6670	0.6762	0.6340	0.6405

表 11.12.8　溴酸钾在溶剂（0.5M 水溶液）中的溶解度

项目	溶　　剂								
	甲醇	乙醇	丙醇	丁醇	乙三醇	甘露糖醇	丙酮	乙醚	酚
浓度/(g/L)	74.16	70.33	68.31	63.97	74.84	75.34	70.99	65.08	71.15
浓度/(mol/L)	0.444	0.421	0.409	0.383	0.448	0.451	0.425	0.395	0.426
项目	溶　　剂								
	甲醛	缩甲醛	乙酸	乙酸甲酯	二甲胺	苯胺	尿素	葡萄糖	氨
浓度/(g/L)	66.31	67.66	76.17	70.15	64.13	69.31	79.68	71.99	74.33
浓度/(mol/L)	0.397	0.405	0.456	0.420	0.384	0.415	0.477	0.431	0.445

表 11.12.9　溴酸盐在水中的溶解度

分子式	名　称	在下列温度(℃)时无水溴酸盐在100g水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
$Ba(BrO_3)_2 \cdot H_2O$	溴酸钡·1	0.29	0.41	0.66	0.81	0.96	1.33	1.75	2.32	3.01	3.65	4.45	5.70
$KBrO_3$	溴酸钾	3.05	4.72	6.87	8.15	9.64	13.3	17.5	22.3	28.3	34.3	42.2	50.0
$NaBrO_3$	溴酸钠	30.3	33.4	36.4	39.4	42.6	48.8	50.7	62.6	69.2	75.7	86.3	90.8
$TlBrO_2$	亚溴酸铊			3.46mg			7.36mg						

11.12.3　热　导　率

表 11.12.10　溴酸钠水溶液的热导率　　　　单位：W/(m·K)

浓度/%	0	5	10	15	20
λ	0.598	0.593	0.588	0.582	0.576

11.12.4　质　量　指　标

表 11.12.11　化学试剂溴酸钾的质量指标（GB 650—93）

项　目	分析纯	化学纯	项　目	分析纯	化学纯
溴酸钾($KBrO_4$)(质量分数)/%　≥	99.8	99.5	溴化物(Br)(质量分数)/%　≤	0.005	0.04
pH值(25℃)	5.0～7.0	5.0～7.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%　≤	0.005	0.01
澄清度试验	合格	合格	总氮量(N)(质量分数)/%　≤	0.001	0.002
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.002	0.01	钠(Na)(质量分数)/%　≤	0.01	0.05
氯化物及氯酸盐(以Cl计)(质量分数)/%　≤	0.03	0.1	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001
			重金属(以Pb计)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001

表 11.12.12　食品级溴酸钾的质量指标（HG 2681—1995）

项　目	指标	项　目	指标
溴酸钾(质量分数)/%	99.0～101.0	溴化物(Br)(质量分数)/%　≤	合格
加热减量(105℃±2℃)(质量分数)/%　≤	0.5	游离酸或游离碱含量(质量分数)/%　≤	合格
砷(As)(质量分数)/%　≤	0.0003	重金属(以Pb计)(质量分数)/%　≤	0.001

用途：用作氧化剂、食用、羊毛漂白处理剂等。

表 11.12.13　工作基准试剂溴酸钾的质量指标（GB 12594—2008）

项　目	工作基准	项　目	工作基准
含量($KBrO_3$)(质量分数)/%	99.90～100.10	溴化物(以Br计)(质量分数)/%　≤	0.005
pH值(50g/L,25℃)	5.0～7.0	硫酸盐(以SO_4^{2-}计)(质量分数)/%　≤	0.005
澄清度试验/号　≤	2号	总氮量(N)(质量分数)/%　≤	0.001
干燥失量(质量分数)/%　≤	0.1	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0005
氯化物及氯酸盐(以Cl计)(质量分数)/%　≤	0.03	重金属(以Pb计)(质量分数)/%　≤	0.0005
外观	无色结晶粉末		

表 11.12.14　溴酸钠的质量指标（HG 2766—1996）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
溴酸钠(质量分数)/%　≥	99.7	99.0	吸光度(200g/L溶液)　≤	0.12	—
溴化物(以Br计)(质量分数)/%　≤	0.04	0.06	溴化物(质量分数)/%　≤	0.04	—
硫酸盐(SO_4^{2-})(质量分数)/%　≤	0.01	0.03	重金属(以Pb计)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001
灼烧减量(105℃)(质量分数)/%　≤	0.1	0.1	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001
氯化物及氯酸盐(以Cl^-计)(质量分数)/%　≤	0.05	0.2	水分(质量分数)/%　≤	0.1	0.3
pH值(50g/L溶液,25℃)　≤	6.5±0.5	6.5±0.5	砷(As)(质量分数)/%　≤	0.0002	0.0005

用途：用于容量分析，也可以用作氧化剂、烫发药剂、羊毛整理剂，也用于贵重金属提取和纯化等。

表 11.12.15 溴酸钠试剂的质量指标

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$NaBrO_3$(质量分数)/% ≥	98.5	98.5	溴化物(Br)(质量分数)/% ≤	0.02	0.04
pH(50g/L 溶液,25℃)	5.0～7.0	5.0～7.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.02	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
氯化物及氯酸盐(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.05	0.1	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.001

用途：用于容量分析，也可以用作氧化剂、烫发药剂、羊毛整理剂，还用于贵重金属提取和纯化等。

第 12 章　碘化物和碘酸盐

目　　录

12.1 碘 化 物

表 12.1.1 碘化物的一般物性总览

分子式	名 称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密 度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AgI(α)	碘化银(α)	234.77	棕黄	六	2.218	5680[30]	552//	↑白热时	—	—		÷NH_4OH		①
AgI(β)	碘化银(β)	234.77	橙	立	见光变黑 ～	6010[15]	558	1506						
AlI_3	碘化铝	407.69	无	平、六	吸氨	3980[25]	191	300	+	//			+	+CS_2,乙醚
$AlI_3 \cdot 6H_2O$	碘化铝·6水	515.83	白			2630	//185		+++				+	+CS_2
AsI_2	二碘化砷	328.73	暗红	棱			130	380				//	+	+乙醚,CS_2,氯仿
AsI_3	碘化亚砷	455.64	橙红	六		4400	146	高温//	6[25]	30	÷Cl		+甲;乙	+乙醚,CS_2,氯仿
AsI_5	碘化砷	709.45	棕	单		3930	76	受热//	+				+	//乙醚,CS_2
AuI	碘化亚金	323.87	柠檬黄	粉		8250	//120		—	÷//	+热			+KI(富碘)溶液
AuI_3	碘化金	577.68	暗绿	斜				受热//	—	×		//		×NaI,KI溶液
BaI_2	碘化钡	391.15	白	粉或固	吸收CO_2	4920	740	//	表12.1.8				++	+丙酮
$BaI_2 \cdot 2H_2O$	碘化钡·2水	427.17	无	单	～	5150	740//	$-2H_2O$ 539	表12.1.8				+++	+其热结晶水
$BaI_2 \cdot 6H_2O$	碘化钡·6水	499.30		六			25.7		410	+++			+++	
BeI_2	碘化铍	262.82	无	针	～	4325[25]	510	590	//	//			+	+乙醚,CS_2
BiI_3	碘化铋	589.69	黑或棕灰	鳞	金属光泽	5700	439	//500	—	//沸	+N,Cl	+	3.5[20]纯	②
$BiI_3 \cdot 4KI$	碘化铋钾	1253.70	红	晶或粉					//					+KI
BiOI	碘化氧铋	351.89	红或棕红	正、粉		7920	//		—		+Cl;//N		—	—KI溶液
BI_3	碘化硼	391.58	无	片		3300[50]	43	210	//					++CS_2,CCl_4
CaI_2	碘化钙	293.89	无-浅黄	粉	吸CO_2～	3956[25]	575	718	表12.1.8		//	×液氨	÷	+丙酮,甲醇,乙醚
$CaI_2 \cdot 6H_2O$	碘化钙·6水	402.02	无或黄白	鳞	～	2550	42	160	754	+++			+++	+乙醚,戊醇,丙酮
CdI_2	碘化镉	366.21	白-浅黄	晶	有光泽	5660[30]	388	787	表12.1.8		+	+NH_4OH*	+	③
CNI	碘化氰	152.94	白	针	味辛 剧毒			146.5	↑		—	+		++
$CoI_2 \cdot 6H_2O$	碘化钴·6水	420.84	棕红	六	～	2900	$-6H_2O$ 135		表12.1.8				++	++乙醚,丙酮
$CeI_3 \cdot 9H_2O$	三碘化铈·9水	683.03	无	晶					//	+//			+	
CoI_2	碘化钴	312.74	灰绿黑	六方晶	～	5680	518(真空)	570//	表12.1.8			++	+丙酮	

续表

分子式	名 称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CoI_2 \cdot 2H_2O$	碘化钴·2水	348.77	绿	晶	≈		99-101		+	+				
CrI_2	碘化亚铬	305.81	浅灰			5200			++					
CrI_3	碘化铬	432.72	黑	晶	有光泽－I 350	4195	>600		－	+				
CsI	碘化铯	259.81	无	立	1.788	4510^{25}	621	1280	表12.1.8		+液氨152^{0}	－丙酮	+	++有机溶剂
CsI_3	三碘化铯	513.67		正			207.5		÷					
$CuI \cdot NH_4I \cdot H_2O$	碘化铵亚铜·1水	353.47		正、片					//					+NH_4I溶液
Cu_2I_2	碘化亚铜	380.90	白或棕白	晶、粉	2.345	5630^{16}	605	1320	0.0008^{18}		//S′,N′	+NH_4OH	－	④
$Cu_{(OH)}IO_3$	碱式碘酸铜	255.45	绿	晶斜		4000			—		+稀			
DyI_3	碘化镝	543.21	黄绿	晶			955	1320						
EuI_2	碘化亚铕	405.76	褐色	晶		5500	527	1580	+					
EuI_3	碘化铕	532.6	浅红	晶			877							
ErI_3	碘化铒	547.97	紫红	晶			1020	1280						
FeI_2	碘化亚铁	309.66	灰黑至红棕	晶、团	≈	5315	177	935	+	+//				
$FeI_2 \cdot 4H_2O$	碘化亚铁·4水	381.72	红紫		≈	2873			+	//			+	+乙醚
$FeI_2 \cdot 5H_2O$	碘化亚铁·5水	399.74	暗棕绿	晶	～易氧化				+				+	
GaI_3	三碘化镓	450.48	黄	固	～	4150^{25}	212	345↑	+	+				++有机溶剂
GeI_2	二碘化锗	326.41	橙色	六		5370			+		+稀			⑤
GeI_4	四碘化锗	580.28	黄红	立	～	4322	144	375	+	+//	//S′			
HfI	碘化铪	305.39	蓝黑	多晶	有磁性				275℃以后发生歧化反应					
HgI	碘化亚汞	327.50	黄	四、无		7700	290//	↑140,310//	0.02μg	÷			－	+KI溶液
HgI_6	六碘化汞	962.02	橙粉或棕	淀					//				//	+KI溶液
$HgI_2(\alpha)$	碘化汞(α)	454.40	红	四	稳定	6360^{25}	∟ 129		0.01			//NH_4OH	2.2	+丙酮3.2^{25},氯仿
$HgI_2(\beta)$	碘化汞(β)	454.40	黄	正	2.748	6094^{127}	259	353	0.004^{18}	÷	+		2.19^{25}	⑥
$HgI_2 \cdot 3HgO$	二碘三氧化四汞	1104.16	黄棕						//					
$HgI_2 \cdot KI \cdot \frac{3}{2}H_2O$	碘化汞钾·$\frac{3}{2}$水	1294.98	黄		～	4289^{24}			//				+	+KI,乙醚
Hg_2I_2	碘化亚汞	654.99	绿粉或黄	晶		7700	290(↑190)	310	÷			÷NH_4OH	÷÷	⑦
InI_3	三碘化铟	495.52	黄	晶	～	4690	210		+	+			+	+氯仿
IrI_3	三碘化铱	572.93		晶					÷	+			－	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
IrI_4	四碘化铱	699.84	黑	晶			//100		—	—	—			+KI溶液
KI	碘化钾	166.01	无	立	味咸苦 1.667	3125	686	1320	表12.1.8		÷乙醚	丙酮 1.3^{25}	1.9^{25}	+甲醇液氨;甘油
KI_3	三碘化钾	419.86	深蓝	单	~	3498	45	//225	++				+	+KI
K_2PtI_6	六碘合铂酸钾	1034.72	黑	立 晶		4963^{25}			++				÷	÷醇
LiI	碘化锂	133.85	白	棱	~ 1.955	4060^{25}	446	1170	表12.1.8		+甲醇	+乙醇	++	+丙酮+++液氨
$LiI·3H_2O$	碘化锂·3水	187.91	白	六		3500	73	$-3H_2O$ 300	+++				+纯	+丙酮
LaI_3	碘化镧	519.62	灰白	晶 斜	~	5630	772	1405	++					+丙酮
LuI_3	碘化镥	555.68	白	体			1050	1200	+					
MgI_2	碘化镁	278.11	白	蜡	≈	4250^{25}	650	受热//	表12.1.8				+甲;乙	+乙醚,液氨
MnI_2	二碘化锰	308.75	棕	熔融结晶	~	5010	//80		+//					$+NH_3$
$MnI_2·4H_2O$	二碘化锰·4水	380.83	浅红	单			//		+++	+++			+	
MnI_4	碘化锰	562.56	玫瑰红	平面晶	≈		氧中受热时燃烧		+					(见光成棕色)
MoI_4	四碘化钼	603.56	黑	粉										
NaI	碘化钠	149.89	白	立	无臭味咸苦 1.775	3667^{0}	662	1304	表12.1.8		++吡啶	+甘油	++甲;乙	$+SO_2$;++丙酮,液氨
$NaI·2H_2O$	碘化钠·2水	185.92	无	单		2448	752		表12.1.8				++甲;乙	++液氨,丙酮
NH_4I	碘化铵	144.94	无	立	~ 1.703	2510	↑405	154^{0}	表12.1.8		÷乙醚	+乙酸	++	++丙酮,甘油 NH_3
NH_4I_3	三碘化铵	398.80	褐	正		3749			+//	//				
NiI_2	碘化镍	312.51	黑	平面晶	~	5834	↑	//	表12.1.8				+	
$NiI_2·6H_2O$	碘化镍·6水	420.61	蓝绿	角柱晶	~				++					
NI_3	三碘化氮	394.77	黑				炸		—	//				$+Na_2S_2O_3$,KCNS
$Ni(NH_3)_6I_2$	碘化六氨镍	414.72	蓝	立		2101	//		//			$+NH_4OH$		
PbI_2	碘化铅	461.00	橙黄或金黄	粉 棱	毒	6160	412	872	表12.1.8		—Cl*;+//Cl	+	÷÷	⑧
PdI_2	二碘化钯	360.22	黑	固			//350		—	—	++Cl		++	+KI、++乙醚
PH_4I	碘化磷	161.93	无	四		2860	61.8	80	//				//	
PI_3	三碘化磷	411.69	暗红	六	~	3890	61.0	>2000//	//					$++CS_2$
P_2I_4	二碘化磷	569.64	橙	三			124.5	//	//					$+CS_2$
PtI_2	二碘化铂	448.90	黑	粉		6400^{25}	//300		—	—	—		—	⑨
PtI_3	三碘化铂	575.99	红黑			7414^{25}			—				—	+KI;—乙醚

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密　度/(g/dm³)	熔点	沸点	每 100g 溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
PtI_4	四碘化铂	702.71	暗棕	粉		6064^{25}	//370		—			×		×HI,KI;++NH_3
PoI_4	四碘化钋	717.67	黑	晶							—稀		÷	—非极性溶剂
RbI	碘化铷	212.37	无	立	1.647	3550	642	1306	表 12.1.8		—$AsBr_3$	+丙酮	+	++液氨 187^{0}
RbI_3	三碘化铷	466.24		正			4032^{22}	190		+++				
$Ru(CO_2)I_2$	二碘化二羰钌	411.56	红黄	晶					—		—Cl′			—有机溶剂
SbI_3	碘化亚锑	502.47	红黄	单		4768^{22}	167	451	//	//	+Cl;//S,N	+丙酮	+//	+HI、CS_2、醚
SbI_5	碘化锑	756.28	深褐		很不稳定		79		//	//				
SbOI	碘化氧亚锑	201.84	黄	淀							//			
SeI_4	四碘化硒	586.64	深灰	晶			80	—4I 100	//					
Se_2I_2	二碘化二硒	411.76	灰	晶			70	//100	//					
SiI_2	二碘化硅	281.90	橙红	粉			//		//					—CS_2,苯,氯仿
SiI_4	四碘化硅	535.74	无	立	闪点 287.5	4198	120.5	290	//					+CS_2 22^{27}
Si_2I_6	六碘化二硅	817.64	无	六、片			250	//	//					+CS_2 19^{19} 26^{27}
SI_6	六碘化硫	793.58	灰黑	晶										+CS_2
SmI_2	碘化亚衫	404.16	黑棕	晶			527	1580						
SnI_2	碘化亚锡	372.50	红	正、单		5280	320	720//	表 12.1.8		+Cl	+热		⑩
SnI_4	碘化锡	626.31	橙	正、立	2.106	4470	143.5	340	//	//		×NH_3	+(100%)	+有机溶剂
SrI_2	碘化锶	341.43	白	片	～	4549	402	//	表 12.1.8				+甲、乙	—乙醚;÷液氢 0.31^{0}
$SrI_2 \cdot 6H_2O$	碘化锶・6 水	449.53	无至淡黄	晶、粉	味咸苦 ～	4415			表 12.1.8				+	
TaI_5	碘化钽	815.47	黑	斜方粉		5800	496	543						
TbI_3	碘化铽	539.64	淡黄	晶			946	1327			+			
TeI_2	二碘化碲	381.45	黑	晶			↑		—	—				
TeI_4	四碘化碲	635.22	暗灰	晶		8403	280		÷	//	//Cl	×		+HI;×NH_4Cl
ThI_4	碘化钍	739.80	黄	晶	具放射性	6000	556	839	//					
TiI_4	四碘化钛	555.52	红	六或立		4400	155	379.5	++	×			//	+HI
TlI	一碘化铊	331.27	黄	斜	毒 2.78	7090^{15}	441	833	6.4^{20}	120mg	+N,+王水		÷	÷丙酮,吡啶
TlI_3	三碘化铊	585.15	棕黑	针	剧毒				+		//　S		+	+乙醚
TmI_3	碘化铥	549.65	嫩黄	晶			1015	1260						
Tl_2I_3	三碘化二铊	789.46	黑	针					—				÷	
UI_3	三碘化铀	618.74	黑	斜	～	6380	680	1750	×					
UI_4	四碘化铀	745.65	黑	针	～	5600^{15}	506	762	+	+//				
UO_2I_2	碘化双氧铀	523.91	红		～		//						+	+苯,乙醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
WI_2	二碘化钨	437.76	褐	粉		6900^{18}			—	//		$-CS_2$	—	+碳酸碱金属溶液
WI_4	四碘化钨	691.47	黑	晶		5200			—				+	—乙醚,氯仿
YI_3	碘化钇	469.68			~				+++				+	÷乙醚
ZnI_2	碘化锌	319.22	白	立、粉	~	4666^{14}	446	624	表12.1.8		+		+	⑪
ZrI_4	碘化锆	598.90	黄	晶、粉					+	+	+		+纯	÷CS_2,苯
$ZrOI_2 \cdot 8H_2O$	二碘氧化锆·8水	505.19	无	针			//		+++	+++			+++	

① 溶于浓KI、热$HgNO_3$、KCN、$Na_2S_2O_3$、液氨531^{0}；易溶于HI；微溶于浓氨水；不溶于冷稀硝酸；于146℃转化为β体。

② 溶于KI、HI、CS_2、甲醇、乙醚、苯、甲苯，微溶于氨水。

③ 微溶于丙酮；溶于甲醇176^{20}、乙醚。

④ 溶于硫代硫酸钠、氰化钾、碘的醇液、热浓盐酸。

⑤不溶于二硫化碳，微溶于氯仿、四氯化碳，溶于热水则分解，溶于浓氢碘酸。在氨溶液中就生成亚胺锗。在真空中于240℃升华。在干燥空气中稳定。遇湿空气即水解。

⑥ 不溶于乙酸；溶于铵盐、氯化汞、硝酸汞、硫代硫酸钠、可溶性碘化物溶液、甲醇3.2^{20}、丙酮2.1^{25}、乙醚、苯、二噁烷、吡啶、氯仿。

⑦ 不溶于乙醚，溶于KI、$Hg(NO_3)_2$和热NH_4Cl。

⑧ 微溶于热苯胺；溶于碱和碱土金属、碘化碱、浓乙酸钠溶液和$Na_2S_2O_3$；易溶于硫代硫酸钠溶液。

⑨ 不溶于乙醚、丙酮；溶于HI、Na_2SO_3、乙胺。

⑩ 微溶于CS_2、苯、热氯仿；溶于CS_2、苯、氯仿、氯化或碘化碱金属。

⑪ 微溶于甘油、液氨0.1^{0}；溶于乙醚、NaOH、吡啶12.9^{18}和含水$(NH_4)_2CO_3$。

表12.1.2 碘化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
三碘化砷	7784-45-4	61014	—	不	※	※		※	T,G	6.1		
三碘化锑	64013-16-7	81527	0.13(163.6℃)	不	※	※		※	W,P,R,G,T	8.1		
三碘化碘	7789-58-4	81526		不	※	※		※	P,R,G,T	8.1		
四碘化锡	7790-47-8	81520		不	※	※		※	P,R,G,T	8.1		
碘化亚铊	7790-30-9	61023		不	※	※		※	R,G,T	6.1		
碘化汞	7774-29-0	61030	0.13(157℃)	不	※	※	—	※	K	6.1		
碘化银	7783-96-2			不	※	※		※	P,R,G,T			S22;S24/25
碘化氰	506-78-5			不	※	※		※	K			
碘化镉	7790-80-9			不	※	※		※	P,R,G,T			

12.1.1　密　　度

表 12.1.3　碘化物水溶液的密度　　单位：g/cm^3

名 称	温度/℃	浓度(质量分数)/%										
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
BaI_2	20		1.015	1.033	1.051	1.070	1.090	1.110	1.131	1.152	1.175	1.198
CaI_2	20		1.015	1.032	1.050	1.068	1.087	1.107	1.127	1.149	1.170	1.193
CdI_2	20		1.015	1.033	1.051	1.069	1.088	1.108	1.128	1.149	1.171	1.194
CsI	20	1.006	1.014	1.030	1.047	1.064	1.082	1.101	1.120	1.140	1.160	1.181
KI	20	1.005	1.013	1.028	1.044	1.060	1.076	1.093	1.110	1.128	1.147	1.166
LiI	20	1.006	1.013	1.028	1.044	1.060	1.077	1.094	1.112	1.130	1.149	1.169
MgI_2	20		1.015	1.032	1.050	1.068	1.087	1.106	1.127	1.148	1.170	1.192
NaI	20	1.006	1.014	1.030	1.046	1.063	1.081	1.099	1.117	1.137	1.156	1.177
NH_4I	18	1.005	1.011	1.024	1.038	1.051	1.065	1.080	1.094	1.109	1.125	1.141
RbI	20	1.006	1.014	1.030	1.046	1.063	1.080	1.098	1.117	1.136	1.156	1.177
SrI_2	20		1.015	1.033	1.051	1.070	1.090	1.110	1.131	1.153	1.175	1.199
ZnI_2	20		1.016	1.034	1.053	1.072	1.091	1.111	1.131	1.152	1.174	1.197

名 称	温度/℃	浓度(质量分数)/%										
		22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60
BaI_2	20	1.222	1.248	1.274	1.301	1.329	1.404	1.490	1.587	1.698		1.970
CaI_2	20	1.216	1.241	1.266	1.292	1.320	1.393	1.473				
CdI_2	20	1.218	1.242	1.268	1.294	1.322	1.397	1.480	1.573			
CsI	20	1.203	1.226	1.250	1.274	1.299	1.368	1.444	1.528	1.623		
KI	20	1.186	1.206	1.227	1.249	1.271	1.331	1.396	1.467	1.546		1.731
LiI	20	1.189	1.210	1.232	1.255	1.277	1.339	1.408	1.484	1.569		1.775
MgI_2	20	1.215	1.240	1.265	1.291	1.318	1.391	1.473		1.660	1.776	
NaI	20	1.198	1.220	1.243	1.266	1.291	1.356	1.427	1.506	1.594	1.693	1.804
NH_4I	18	1.157	1.174	1.191	1.208	1.226	1.275	1.326	1.382	1.442		
RbI	20	1.198	1.220	1.243	1.266	1.291	1.356	1.428	1.508	1.597		1.809
SrI_2	20	1.223	1.248	1.274	1.301	1.330	1.406	1.490	1.584			
ZnI_2	20	1.221	1.245	1.271	1.297	1.325	1.398	1.478	1.566	1.663		1.893

表 12.1.4　碘化锌的水溶液密度

浓度(质量分数)/%	温度/℃						浓度(质量分数)/%	温度/℃					
	0	20	40	60	80	100		0	20	40	60	80	100
20	1.204	1.197	1.187	1.174	1.159	1.142	50	1.680	1.663	1.643	1.621	1.598	1.574
25	1.266	1.258	1.247	1.233	1.216	1.198	55	1.791	1.770	1.749	1.725	1.701	1.675
30	1.335	1.325	1.312	1.297	1.279	1.260	60	1.916	1.893	1.870	1.844	1.818	1.790
35	1.410	1.398	1.383	1.367	1.348	1.327	65	2.061	2.036	2.010	1.982	1.954	1.925
40	1.491	1.478	1.461	1.443	1.423	1.401	70	2.230	2.202	2.173	2.143	2.113	2.082
45	1.581	1.566	1.547	1.527	1.506	1.483	75	2.424	2.393	2.361	2.328	2.296	2.263

12.1.2　黏　　度

表 12.1.5　碘化物的黏度　　单位：mPa·s

分子式	名　称	温　度　/℃						
		600	650	700	750	800	850	900
AgI	碘化银	306.6	267.9	232.3	199.7	170.2	143.9	
KI	碘化钾		153.0	155.8	137.0	121.0	107.9	97.6

12.1.3 表 面 张 力

表 12.1.6 碘化物的表面张力　　单位：mN/m

（1）

名称	温度/℃					名称	温度/℃					
	650	700	800	900	1000		600	650	700	800	900	1000
CsI	73.2	69.9	63.7	58.0	52.7	PI_3	56.5^{75}	51.4^{150}				
KI①		77.8	69.1	60.4		RbI			77.6	70.2	63.1	56.5
KI*		79.2	70.0	65.9		SrI_2	111	110.5	110	104		

① 界面为氮气，其他为空气。

（2）

浓度/(mol/L)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.2
KI 表面张力	73.2	73.6	74.0	74.4	74.9	75.3	75.7	76.1	76.5	76.9	77.3	78.0

注：溶液温度为 20℃。

表 12.1.7 碘化物-有机溶液的表面张力　　单位：mN/m

KI	甲醇	14℃	质量分数/%	0.81	1.52	2.68			
			σ	23.76	24.11	24.71			
LiI	乙醇	14℃	质量分数/%	1.43	2.87	5.08	10.21	19.47	26.92
			σ	23.11	23.56	24.39	26.03	28.87	31.95
NaI	甲醇	14℃	质量分数/%	0.76	1.48	4.33	8.55	12.53	
			σ	22.83	23.29	24.85	27.41	29.75	
	乙醇	24℃	质量分数/%	0.45	1.80	3.63	4.54	6.02	10.46
			σ	22.47	22.82	23.41	23.52	24.00	25.07
	丙酮	14℃	质量分数/%	0.93	2.08	5.07	6.53		
			σ	24.22	24.40	25.04	25.12		
ZnI_2	甲醇	22℃	质量分数/%	0.90	2.79	5.07			
			σ	22.97	24.23	25.84			
	乙醇	24℃	质量分数/%	0.41	1.72	3.42	6.90		
			σ	22.70	22.90	23.71	25.49		

12.1.4 溶 解 度

表 12.1.8 碘化物在水中的溶解度（Ⅰ）

分子式	名　称	下列温度(℃)时无水碘化物在 100g 水中的最大溶解质量/g													
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	200
BaI_2	碘化钡	167	184	204		224	229	234	241	247			271		
$BaI_2 \cdot 2H_2O$	碘化钡·2 水						224	234	241	247	257	270	285		
$BaI_2 \cdot 6H_2O$	碘化钡·6 水	170	186	203		220									
$BaI_2 \cdot 7\frac{1}{2}H_2O$	碘化钡·$7\frac{1}{2}$水	167	184	203		220									
CaI_2	碘化钙	182	194	209		223	242		285		354		426		
$CaI_2 \cdot 6H_2O$	碘化钙·6 水			204			228					430			
CdI_2	碘化镉	78.7	81.5	84.8	86.6	88.6	92.3		101		113		128		255
CoI_2	碘化钴	58		65							80				
$CoI_2 \cdot 6H_2O$	碘化钴·6 水	138	160	187	197	233	300	376			400		420		
CsI	碘化铯	44.1	60.5	77.0	85.6	92.8	108	123	138	171^{75}					
CuI_2	碘化铜			1.11											

续表

分子式	名　称	下列温度(℃)时无水碘化物在 100g 水中的最大溶解质量/g													
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	200
KI	碘化钾	127	136	145	149	153	160		176		191		207	247^{150}	292
LiI	碘化锂	151		165						263^{75}					
$LiI \cdot H_2O$	碘化锂·1 水										435		481		
$LiI \cdot 3H_2O$	碘化锂·3 水	151	157	165		171	179	187	202	230					
MgI_2	碘化镁	121		140			173				188			189	
$MgI \cdot 8H_2O$	碘化镁·8 水	121		140			173				186				
NaI	碘化钠	160		179	184	190	205	227	257		296		302	310	320^{140}
$NaI \cdot 2H_2O$	碘化钠·2 水	159	167	179		190	205	228	257						
NH_4I	碘化铵	154	163	172	177	181	190	200	209	219	229		250		
NiI_2	碘化镍	124	135	148		161	174	183	184	186	187	188			
PbI_2	碘化铅	44.2		68.0	76	90	125	164	197		302		436	(mg)	
RbI	碘化铷	125			169				219				281		
SnI_2	碘化锡			1.0		1.2	1.4	1.7	2.1	2.5	3.0	3.4	4.0		
SrI_2	碘化锶	164		179		196			217		277		370	421	
$SrI_2 \cdot 2H_2O$	碘化锶·2 水											365	383		
$SrI_2 \cdot 6H_2O$	碘化锶·6 水	165		178			192		218		270				
TlI	碘化铊	0.002		6.4									120	(mg)	
ZnI	碘化亚锌	429					445		467		490		510		
$ZnI \cdot 2H_2O$	碘化亚锌·2 水	431	457	485											
ZnI_2	碘化锌	431		432^{18}			446		468		488		510		

表 12.1.9　碘化物在水中的溶解度（Ⅱ）

项目	温　度　/℃								
	−27.5	−20	10	0	10	15	20	25	30
碘化铵(质量分数)/%	55.6	57.6	59.2	60.7	62.0	62.7	63.3	63.9	64.5
碘化钙/(g/100g 溶液)				64.6	66.0		67.6		69.0
碘化钾(质量分数)/%				56.1	57.7		59.1	59.8	60.5
碘化银/(mg/m^3)							34		
碘化钠(质量分数)/%				61.5	62.6	63.3	64.0	64.8	65.6

项目	温　度　/℃								
	40	50	60	70	80	90	100	120	140
碘化铵(质量分数)/%	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.5	71.4	73.2	74.9
碘化钙/(g/100g 溶液)	70.8		74.0		78.0		81.0		
碘化钾(质量分数)/%	61.8	62.8	63.8	64.8	65.6	66.5	67.3		
碘化银/(mg/m^3)	60		94		137				
碘化钠(质量分数)/%	67.4	69.4	71.8	74.8	74.8	75.0	75.1		

表 12.1.10　碘化物在有机溶剂中的溶解度

分子式	名　称	乙醇	甲醇	丙酮	吡啶	甘油	乙醚	乙二醇	氯仿	其他溶剂
		每 100g 溶剂中的溶解质量/g								
AgI	碘化银	0.003μg	0.2μg							
BaI_2	碘化钡	77			8.2					
BiI_3	碘化铋	3.5								
CaI_2	碘化钙		表 12.1.19							
CdI_2	碘化镉	113	223	42.8	0.45		0.2			
CuI_2	碘化铜				1.74					
HgI_2	碘化汞	2.2^{25}		2.1^{25}	31		0.7		0.07	

续表

分子式	名 称	乙醇	甲醇	丙酮	吡啶	甘油	乙醚	乙二醇	氯仿	其他溶剂
		每100g溶剂中的溶解质量/g								
KI	碘化钾	表12.1.18	表12.1.17	表12.1.18	0.3	表12.1.18		50		
LiI	碘化锂	250	343	43				39		
MgI_2	碘化镁									液氨 0.16
NaI	碘化钠	43.3[25]		30						表12.1.18
NH_4I	碘化铵	26.3								
PbI_2	碘化铅			0.02	0.21	0.002[59]				
SrI_2	碘化锶	4.0								
ZnI_2	碘化锌				12.6	40				

注：右上角数字为与其相对应的温度；未注明时则为18～25℃。

表12.1.11 碘化钠在有机溶剂中的溶解度 单位：%（质量分数）

名称	温 度 /℃								
	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10
甲醇									39.39
乙醇									30.44
丁醇	6.8	9.1	12.3	17.2	21.9	20.0	18.6	16.7	14.8
丙酮						5.2	7.2	10.5	15.4

名称	温 度 /℃								
	20	25	30	40	50	60	70	80	100
甲醇	42.16	43.82	44.87	44.66	44.47	44.26			
乙醇	30.57	30.61	30.67	30.74	30.79	30.85	30.91	31.03	31.08
丁醇	13.0		12.1	9.6	8.2	6.9	5.8		
丙酮	23.1	25.6	28.2	26.3	24.2	22.2	20.0	17.9	

名称	温 度 /℃							
	120	140	160	180	200	220	240	260
乙醇	31.13		31.03	30.70	29.73	27.80	24.64	9.74

表12.1.12 碘化银在氨水中的溶解度

温度/℃	氨水浓度/%	氨水密度/(g/cm^3)	AgI在氨水中溶解度		温度/℃	氨水浓度/%	氨水密度/(g/cm^3)	AgI在氨水中溶解度	
			(质量分数)/%	/(g/L)				(质量分数)/%	/(g/L)
0	—	—	84.1	—	16	7	0.971	—	0.045
12	10	0.960	—	0.035	25	—	—	67.4	—

表12.1.13 碘化银在硝酸银溶液中溶解度（25℃）

硝酸银/(mol/L)	AgI溶解度		固 相	硝酸银/(mol/L)	AgI溶解度		固 相
	/(mol/L)	/(g/L)			/(mol/L)	/(g/L)	
0.20	0.000289	0.068	AgI	2.04	0.0458	10.9	$AgI\cdot 2AgNO_3$
0.35	0.000532	0.121	AgI	2.54	0.0678	16.1	$AgI\cdot 2AgNO_3$
0.50	0.00127	0.299	AgI	3.75	0.141	33.2	$AgI\cdot 2AgNO_3$
0.70	0.00362	0.850	AgI	4.69	0.227	53.2	$AgI\cdot 2AgNO_3$
1.215	0.0131	3.08	$AgI\cdot AgNO_3$	5.90	0.362	85	$AgI\cdot 2AgNO_3$
1.63	0.0267	6.26	$AgI\cdot AgNO_3$				$AgI\cdot 2AgNO_3$

注：沸点时，100g饱和硝酸银溶液溶解12.3g碘化银。

表 12.1.14　碘化银在碘化钠溶液中溶解度

（1）25℃

NaI /(g/100g 水）	AgI /（g/100g 水）	固　相	NaI /(g/100g 水）	AgI /（g/100g 水）	固　相
59.29	21.21	AgI	223.7	122.0	$AgI \cdot NaI \cdot 3H_2O$
64.47	28.52	AgI	226.0	120.9	$AgI \cdot NaI \cdot 3H_2O+NaI$
134.1	99.54	AgI	222.7	112.1	NaI
156.9	124.6	AgI	214.7	90.84	NaI
179.8	150.0	$AgI+AgI \cdot NaI \cdot 3H_2O$	203.9	59.48	NaI
196.3	134.8	$AgI \cdot NaI \cdot 3H_2O$	194.5	31.10	NaI

（2）20℃

NaI/(mol/L)	0.043	0.17	0.50	1.07
AgI/(mol/L)	0.00001	0.0001	0.001	0.01

表 12.1.15　碘化银在碘化钾溶液中溶解度（25℃）

KI /(mol/L)	AgI 溶解度		KI /(mol/L)	AgI 溶 解 度		KI /(mol/L)	AgI 溶 解 度	
	/(mol/L)	/(g/L)		/(mol/L)	/(g/L)		/(mol/L)	/(g/L)
0.335	0.000363	0.0853	1.008	0.0141	3.32	1.486	0.0658	15.46
0.586	0.00218	0.512	1.018	0.0148	3.47	1.6304	0.102	24.01
0.734	0.0044	1.032	1.406	0.0535	12.55	1.937	0.198	16.42

表 12.1.16　碘化银在各种盐溶液中溶解度

名　称	浓　度 /(mol/L)	溶解度 /(mol/L)
KCN (25℃)	0.01837	0.00866
	0.03676	0.01778
	0.05521	0.02668
	0.07337	0.03549
	0.0836	0.0391
	0.0146	0.0684
	0.195	0.0913
	0.261	0.1217

名　称	浓　度 /(mol/L)	溶解度 /(mol/L)
KCN (20℃)	0.318	0.1474
	0.398	0.1840

名　称	浓　度 (质量分数)/%	溶解度 AgI/(g/100g 溶剂)
NH_4CNS (20℃)	4.76(5∶100)	0.02
	9.09(10∶100)	0.08
	13.05(15∶100)	0.13

名　称	浓　度 /(mol/L)	溶解度 /(mol/L)
KCNS (25℃)	0.202	0.00002
	0.315	0.000014
	0.425	0.000067
	0.500	0.000051
	0.608	0.000040
	0.710	0.000097
	0.765	0.000146
	1.009	0.000163

注：1. 在硫氰化铝中溶解度（25℃）：在 100g 浓度为 9.09%（质量分数）的 1∶10$Al(CNS)_3$中溶解 0.02g AgI。

2. 在溴化钾中溶解度（15℃）：100g 饱和溶解中含 30.77g 的 KBr 和 0.132g AgI。

表 12.1.17　碘化钾在甲醇中溶解度

温度/℃	溶解度(质量分数)/%	温度/℃	溶解度(质量分数)/%	温度/℃	溶解度(质量分数)/%	温度/℃	溶解度(质量分数)/%
15	12.6	100	20.0	180	23.5	245	18.5
30	13.9	120	21.4	200	22.5	247	17.3
50	15.9	140	22.6	220	21.6	250	12.1
80	18.4	160	23.4	240	19.9	252.5	7.1

表 12.1.18 碘化钾在其他溶剂中的溶解度

溶　剂	温度/℃	S(质量分数)/%	溶　剂	温度/℃	S(质量分数)/%	溶　剂	温度/℃	S(质量分数)/%
液　氨	0	64.8	丙　酮	−2.5	2.98	甘　油	15.5	28.6
	25	64.5		22	2.32	乙　醇	0	1.5g/100g 乙醇
SO_2	0	29.2		25	2.84		20	50.6g/100g 水
				56	1.19		25	18.8g/L 乙醇

表 12.1.19 碘化钙在甲醇和丙酮中的溶解度　　单位：g/100g 溶剂

项目	温度/℃							
	0	10	15	20	30	40	50	60
甲醇	116.4	121.1	123.7	126.1	131.2	136.8	142.2	148.8
丙酮	72.6	80.5		88.8	97.2	105.6	112.9	119.6

表 12.1.20 碘化钙和氢氧化钙水溶液的互溶度（25℃）　　单位：g/100g 溶液

CaI_2 /(g/100g 溶液)	CaO /(g/100g 溶液)	固　相	CaI_2 /(g/100g 溶液)	CaO /(g/100g 溶液)	固　相
0.0	0.118	$Ca(OH)_2$	46.37	0.054	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$
9.14	0.076	$Ca(OH)_2$	47.09	0.055	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$
17.42	0.089	$Ca(OH)_2$	49.70	0.047	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$
25.80	0.087	$Ca(OH)_2$	51.34	0.139	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$
25.44	0.097	$Ca(OH)_2 + CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$	66.65	0.553	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$
31.33	0.089	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$	66.72	0.587	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O + CaI_2 \cdot 6H_2O$
40.30	0.064	$CaI_2 \cdot 3CaO \cdot 16H_2O$	66.80	0.0	$CaI_2 \cdot 6H_2O$

12.1.5 沸　　点

表 12.1.21 碘化钾水溶液及饱和溶液的沸点

分子式	名　称	下列浓度(g/100g 水)时溶液的沸点/℃					饱和溶液	
		10	25	50	75	100	沸点/℃	浓度/(g/100g)
KI	碘化钾		101.3	103.3	105.0	107.1	118.5	220.0

12.1.6 线胀系数

表 12.1.22 碘化物的线胀系数　　单位：$\times 10^{-6}$ ℃$^{-1}$

名称	温　度　/℃														
	−250	−200	−150	−100	−50	0	20	100	200	300	400	500	600	700	800
CsI	16.8	37.1	42.2	44.4	46.3	48.2	49.0								
KI	7.4	27.7	33.8	36.4	38.4	40.1	40.8	43.3	46.7	50.7	56.0	62.8	71.5		
LiI			43.8	50.4	54.9	58.2	59.4								
NaI	6.5	29.2	36.1	39.7	42.4	44.6	45.5								
LiF		4.4	14.8	23.4	29.0	32.3	33.2	36.4	40.4	44.6	49.2	54.3	60.0	66.4	73.5
NaF	0.3	7.9	19.0	26.0	28.9	31.1	31.7	33.8	36.2	38.3	40.5	42.7	45.0		

12.1.7 蒸 气 压

表 12.1.23 碘化物的蒸气压

（1）

分子式	名 称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
AgI	碘化银	803	846	892	931	959	1019	1082	1138	1177	1259	1356	1443	1506	552
AlI_3	三碘化铝	173.5	185.0	197.7	208.9	218.1	236.1	255.8	273.1	284.6	310	340	367	386	
BeI_2	碘化铍	277	292	309	323	333	352	373	390	401	424	450	472	48.7	488
CdI_2	碘化镉	406	431	459	483	498	531	566	600	621	666	718	763	796	385
CNI	碘化氰	22.1	30.2	39.6	47.8	53.1	63.6	74.8	85.0	91.7	104.7	119.5	132.3	141.4	
CsI	碘化铯	724	760	798	831	853	902	952	998	1029	1093	1167	1232	1280	621
Cu_2I_2	碘化亚铜	—	—	—	613	636	691	755	819	867	970	1098	1231	1336	605
HgI_2	碘化汞	152.6	165.0	178.5	190.2	198.0	213.1	230.1	244.9	254.1	277.9	310	337	354	259
HI	碘化氢	−124.9	−120.3	−114.5	−109.2	−105.7	−98.2	−89.9	−82.2	−76.9	−66.2	−53.8	−42.9	−35.1	−50.9
KI	碘化钾	730	768	809	843	867	916	969	1018	1051	1120	1201	1272	1324	723
LiI	碘化锂	711	742	776	805	824	865	907	945	971	1024	1083	1134	1171	446
NaI	碘化钠	753	789	827	860	883	931	981	1027	1058	1120	1192	1257	1304	651
NH_4I	碘化铵	205.3	219.5	234.9	248.1	256.5	274.3	293.9	311	322	345	370	391	405	
PbI_2	碘化铅	470	493	519	542	557	590	626	660	682	728	782	833	872	402
PH_4I	碘化磷	−27.3	−21.6	−14.7	−8.5	−4.6	3.3	11.9	19.5	24.6	34.5	46.2	55.9	62.3	
RbI	碘化铷	734	770	809	842	864	913	966	1014	1046	1110	1187	1255	1304	642
SbI_3	三碘化锑	157.2	173.2	190.4	205.1	215.1	235.5	257.7	277.2	291.2	320	354	382	401	167
SnI_4	四碘化锡	—	—	—	157.3	167.4	187.2	208.8	228.6	242.4	270.3	302	329	348	144.5
TlI	碘化铊	431	455	481	504	518	552	588	623	644	690	740	786	823	440
ZrI_4	四碘化锆	260.1	271.3	285.3	297.8	304	321	336	351	361	379	399	416	431	499

（2）

分子式	名 称	相应于上述蒸气压强(Pa)的温度/℃													
		10	20	40	70	100	200	400	700	1000	2000	4000	7000	10000	20000
CdI_2	碘化镉					464	503	535	563	581	615				
NaI	碘化钠	585	620	660	695	718	765	815	856	881	935	990	1035	1062	1120
PbI_2	碘化铅	395	417	440	460	470	498	522	540	558	592	630	660	685	730
PI_3	三碘化磷									75	91	110	127	137	160
RbI	碘化铷	632	660	690	715	732	768	806	840	865	915	968	1015	1045	1107
TlI	碘化铊	360	377	397	414	423	448	470	484	496	543	555	635	755	920
UI_3	三碘化铀					955	988	1046	1090	1120	1185	1260	1322	1363	1450
UI_4	四碘化铀					470	484	500	515	529	550	582	610	627	667

12.1.8 比　热　容

表 12.1.24　碘化钾水溶液的比热容　　单位：kJ/(kg・℃)

浓度/%	温度/℃									
	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	3.542	3.555	3.574	3.592	3.613	3.638	3.665	3.693	3.724	3.756
20	3.170	3.178	3.194	3.211	3.228	3.245	3.261	3.278	3.301	3.337
30	2.696	2.705	2.725	2.747	2.768	2.788	2.807	2.826	2.847	2.872

表 12.1.25　碘化铯晶体的比热容　　单位：kJ/(kg・K)

温度/K	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
c_p	0.0126	0.0697	0.1162	0.1434	0.1590	0.1692	0.1756	0.1806	0.1842	0.1863
温度/K	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
c_p	0.1901	0.1930	0.1950	0.1965	0.1982	0.1991	0.2003	0.2104	0.2021	0.2019
温度/K	370	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1172
c_p	0.1990	0.2022	0.2131	0.2243	0.2355	0.2468	0.2582	0.2612	0.2952	0.3197

注：300K 前试件成分为 99.989%CsI，0.001%～0.01%Ca 和 Na，0.0001%～0.001%Al 和 K。从水中重新结晶若干小时，在 260～300℃下进行真空干燥数小时。

12.1.9 热　导　率

表 12.1.26　碘化钠水溶液的热导率　　单位：W/(m・℃)

温度/℃	浓度(质量分数)/%			
	0	20	40	60
25	0.209	0.209	0.209	0.209
40	0.203	0.206	0.207	0.208
60	0.199	0.202	0.205	0.206

表 12.1.27　碘化钾水溶液的热导率　　单位：W/(m・℃)

温度/℃	浓度(质量分数)/%			
	0	5	10	12
25	0.210	0.207	0.206	0.203
40	0.204	0.203	0.202	0.201
60	0.199	0.199	0.199	0.199

表 12.1.28　其他碘化物水溶液的热导率　　单位：W/(m・K)

名　称	溶液浓度(质量分数)/%					
	0	10	20	30	40	50
BaI_2	0.598	0.580	0.559	0.533	0.502	0.462
KI	0.598	0.575	0.550	0.518	0.481	0.436
LiI	0.598	0.572	0.537	0.505	0.468	0.426
NaI	0.598	0.579	0.555	0.528	0.494	0.452

表 12.1.29　碘化铯晶体的热导率　　单位：W/(m・K)

温度/K	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
λ	1.386	1.357	1.332	1.285	1.212	1.133	1.071	1.049	1.049	1.040	1.010	0.980	0.950	0.950

注：试件为 ϕ=20mm、t=10mm 的圆形晶片。

12.1.10　其 他 物 性

表 12.1.30　碘化物的熔解热和汽化热　　单位：kJ/mol

分子式	熔解热	汽化热	分子式	熔解热	汽化热	分子式	熔解热	汽化热	分子式	熔解热	汽化热
AgI	9.42	144.2	CdI_2	15.32	106.3	LiI	5.94		ThI_4	33.50	131.9
AlI_3	16.66	77.4	CoI_2		192.6①	MgI_2	(22.19)	104.7	TiI_2		202.6①
AsI_3	9.21	80.4	CrI_2	(25.12)	(100.5)	NaI	21.94		TiI_4	(12.56)	585.5
BI_3	(4.19)	(41.9)	CsI		150.4	PI_3		(44.0)	TlI	13.08	104.8
BaI_2	(28.47)	(188.4)	CuI		181.3①	PbI_2	25.16	104.0	UI_4	62.80	128.5
BeI_2	(18.84)	(79.6)	FeI_2	221.9①	153.9	PuI_3	(50.24)		VI_2		184.2①
BiI_3		20.9	HI	2.87	19.8	RbI	12.14	150.6	ZnI_2	18.84	96.3
CI_4	(4.82)	(50.2)	HfI_4		204.7①	SbI_3		97.1②	ZrI_4		121.4①
CNI	59.46①	58.5	HgI_2	18.84	59.7	SnI_2	(12.56)	100.5			
CuI_2	(20.9)	(146.5)	KI	17.17	145.2	TaI_5	6.70	75.8			

① 升华热。

表 12.1.31　碘化物的介电常数

物料名	介电常数	物料名	介电常数	物料名	介电常数
碘化氢	$2.9^{22.2}$	碘化钾	5.6	碘化铯	5.6
三碘化砷	7.0^{150}	三碘化锑	13.9^{175}		

表 12.1.32　碘化钾和碘化钠的其他物性

物料名	临界温度/K	临界压力/kPa	临界体积/(L/mol)	偏心因子	临界压缩因子
碘化钾	3610	9730	0.66	−0.419793	0.214
碘化钠	3950	13900	0.505	−0.575022	0.214

物料名	三相点温度/K	三相点压力/Pa	25℃时理想气体标准生成焓/(kJ/kmol)	25℃时物质的绝对熵/[kJ/(K·kmol)]
碘化钾	954	35.6555	−125520	258.17
碘化钠	933	19.5469	−84767	248.93

12.1.11　质 量 指 标

表 12.1.33　碘化钾的质量指标（HG 2939—2001）

项　目	指标	项　目	指标
碘化钾(KI)(以干基计)/%	≥99.0	重金属(以 Pb 计)/%	≤0.001
澄清度试验	澄清	钡(Ba)/%	≤0.001
干燥失量/%	≤1.0	水分/%	≤1.0
砷(As)/%	≤0.0002	细度(过 800μm 试验筛)/%	≥95

注：外观为无色或白色立方晶体。

用途：用于制造碘化物和染料、医药工业和照相工业等。

表 12.1.34 饲用碘化钾的质量指标（HG 2939—2001）

项　目	指标	项　目	指标
碘化钾(KI)(以干基计)/%	99.0～101.5	重金属(以 Pb 计)/%	≤0.001
碘酸盐/%	≤0.0004	硝酸盐、亚硝酸盐和氨试验	符合规定
干燥失量/%	≤1.0	硫代硫酸盐和钡试验	符合规定
砷(As)/%	≤0.0003		

用途：饲料工业中作碘强化剂。

表 12.1.35 试剂用碘化钾的质量指标（GB/T 1272—2007）

项　目		指　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量(KI)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	98.5
pH 值(50g/L 溶液，25℃)		6.0～8.0	6.0～8.0	6.0～8.0
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	2 号	3 号	5 号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
碘酸盐及碘(以 IO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.002	0.005
氯化物及溴化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.05
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	—
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.002
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.05	0.1	—
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0003	0.0005
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00001	0.00002	—
钡(Ba)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.004
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0005	0001
还原性物质		合格	合格	

表 12.1.36 碘化铵的质量指标（HG/T 3-939—76）

项　目		指　标		项　目		指　标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
碘化铵(NH_4I)/%	≥	99	98	铁(Fe)/%	≤	0.0001	0.0003
水不溶物/%	≤	0.005	0.01	氯化物(Cl^-)/%	≤	0.01	0.02
灼烧残渣/%	≤	0. 005	0.02	澄清度试验		合格	合格
碘酸盐及碘(以 IO_3^{2-} 计)/%	≤	0.003	0.01				

用途：用于医药工业和照相工业等。

12.2 碘 酸 盐

12.2.1 物 性 总 览

表 12.2.1 碘酸盐的一般物性总览

分子式	名 称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$AgIO_3$	碘酸银	282.78	白	粉		5525^{16}	>200/	//高温	0.0044^{20}	÷÷	//S,+N	$+NH_4OH$		+KI′;$-NH_3$
$Ba(IO_3)_2$	碘酸钡	487.20	白	晶粉		5000^{15}	476//		0.008	0.197	÷N*;−S;+Cl		—	−丙酮;$+HNO_2$
$Ba(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸钡·1水	505.16	白	单		5230	$-H_2O$ 130		÷	+	÷N*;−S;++Cl		—	−丙酮
$Bi(IO_3)_2$	碘酸铋	733.70	白	粉				受热//	—		−S;+N;++Cl		—	
$Ca(IO_3)_2$	碘酸钙	389.92	白	晶或粉	无臭	4519^{15}	540//		0.12^{5}	0.67^{90}	+N			−醇
$Ca(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$	碘酸钙·6水	497.99		斜	风化				表12.2.7		+N,−S;//Cl		—	
$Cd(IO_3)_2$	碘酸镉	462.22	白	晶、粉		6500		受热//	÷	÷	++N	$+NH_4OH$		
$Cd(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸镉·1水	480.27		单		6430^{20}	∟ 160		+		+N			
$Co(IO_3)_2$	碘酸钴	408.78	紫	针		5008^{18}			0.4^{15}	1.33				
$Co(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸钴·1水	426.76	紫	晶			$-H_2O$ 200	红热//	1^{18}	0.7		$+NH_4OH$		
$Co(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$	碘酸钴·6水	516.88	红	晶		3689^{21}	61//		+					
$CsIO_3$	碘酸铯	307.83	白	单		4850			2.6^{24}					
$CsIO_4$	高碘酸铯	323.83		正、片		4259^{15}			2.15^{15}	>2.15				
$Cu(IO_3)_2$	碘酸铜	413.38	绿	单		5241^{15}	//		0.136^{25}	—	+S			
$Cu(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸铜·1水	431.38	蓝	三		4876^{15}	$-H_2O$ 240	//290	0.15^{20}	0.65	−N;+S;+//Cl	$+NH_4OH$	—	
$Cu(OH)IO_3$	碘酸羟铜	255.47	绿	正		4878^{15}	//290		—	—	+S			
Cu_2HIO_6	高碘酸铜	351.01	绿	粉			//110		—	—	+N			
$Fe(IO_3)_3$	碘酸铁	580.55	黄绿	粉		4800^{20}	130//		1.44^{20}		−稀N			
$Fe(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸亚铁·1水	423.68	红	粉				//高温	÷					+硫酸亚铁溶液
$Fe_2O_3 \cdot 2I_2O_5 \cdot 8H_2O$	碘酸亚铁·8水	971.45	黄白	粉			受热//		—		÷N			+氯化铁溶液
$Hg(IO_3)_2$	碘酸汞	550.40	白	粉					—		÷N;++Cl	①		++HBr、HI
$Hg_2(IO_3)_2$	碘酸亚汞	750.99	珍珠白	粉			//250		+++	+++	−N*;++Cl			$+NaS_2O_3$,MnCl,ZnCl
$In(IO_3)_3$	碘酸铟	639.52	白	晶				//	0.067^{20}		+S,N			
$KAuI_4$	碘金酸钾	743.69	黑	晶			//150		//					
$KH(IO_3)_2$	碘酸氢钾	389.94	无	正、单					1.33^{15}				—	
KIO_3	碘酸钾	214.00	白	立	毒 1.62	3890	560//		表12.2.7		+S*	−液氨	—	②

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
KIO_4	高碘酸钾	230.00	无	四	1.6205	3618^{15}	582	—O 300	表 12.2.7		÷KOH	—		
K_2AgI_3	三碘银酸钾	566.84	无	晶										
K_2PtI_6	碘铂酸钾	1034.94		立		5180			+					
K_3IrI_6	碘铱酸钾	1071.9					//							
$LiIO_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	碘酸锂·$\frac{1}{2}$水	190.86	珠光	针	～	3300			80^{18}				—	
$Mg(IO_3)_2 \cdot 4H_2O$	碘酸镁·4水	446.18		单		3300^{14}	$-4H_2O$ 290//		表 12.2.7		++S			
$Mn(IO_3)_2 \cdot 2H_2O$	碘酸锰·2水	440.78	红	晶、粉			受热//		÷÷		—N	$-NH_4OH$		
$MnPtI_6 \cdot 9H_2O$	碘铂酸锰·9水	1173.82		晶		3604^{20}	//						—	$+CH_3COOH$
$NaIO_3$	碘酸钠	197.90	白	正、粉		4400		//	表 12.2.7					
$NaICH_2COO$	碘乙酸钠	207.93	白至浅黄	晶	毒腐蚀 ～		208～210		+				—	—醚和丙酮
$NaIO_4$	高碘酸钠	213.92	无	晶		3865^{16}	//300		4^{6}	37^{50}				
$NaIO_4 \cdot 3H_2O$	高碘酸钠·3水	267.97		棱		3219^{18}	//175		+	+				
$Na_2PtI_6 \cdot 6H_2O$	碘铂酸钠·6水	1110.84		单		3707								
NH_4IO_3	碘酸铵	192.95	无	棱		3309^{21}	//150		2.6^{15}	14.5				
NH_4IO_4	偏高碘酸铵	208.96	无	四		3056^{18}			2.7^{16}					
$(NH_4)_2 \cdot PtI_6$	碘铂酸铵	992.83		立		4610^{20}								
$Ni(IO_3)_2$	碘酸镍	408.53	黄	针		5070			1.1^{30}	1.0^{90}				
$Ni(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸铵镍·1水	426.53	绿	晶、粉			$-H_2O$ 100	//高温	÷		+N,N′,S	$+NH_4OH$		
$Ni(IO_3)_2 \cdot 4H_2O$	碘酸镍·4水	480.56		六			//100		1.4^{30}	1.1^{90}				
$PbHIO_5$	一缩高碘酸氢铅	415.14		晶			//130		—	—	+N			
$PbHIO_5 \cdot H_2O$	一缩高碘酸氢铅·1水	433.15		无			$-H_2O$ 110		—	—	+N			
$Pb(IO_3)_2$	碘酸铅	557.01	白	粉		6160	//300		0.0012^{2}	0.0023^{25}	÷N;//			—液氨
$RbIO_3$	碘酸铷	260.40		立		4330^{20}	//		2.1^{23}		+Cl			
$RbIO_4$	高碘酸铷	276.40	无	四		3918^{16}			0.65^{12}					
$Sn(IO_3)_2$	碘酸亚锡	468.50		淀										—碘酸钠;+氯化亚锡
$Sn(IO_3)_4$	碘酸锡	818.31		淀										
$Sr(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$	碘酸锶·6水	545.53		晶、粉		5000			÷		÷Cl*			

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密　度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Sr(IO_3)_2$	碘酸锶	437.47		三		5045^{15}			0.03^{15}	0.8				
$UO_2(IO_3)_2$	碘酸双氧铀	619.91	黄	正		5200	//250		+	+	−N			
$UO_2(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸双氧铀·1水	637.93		正		5050^{18}			0.1214^{18}	0.237	÷N			
$Zn(IO_3)_2$	碘酸锌	415.22	白	晶、粉		4980^{20}	//		0.9	1.3				
$Zn(IO_3)_2 \cdot 2H_2O$	碘酸锌·2水	451.22	白	晶、粉		4900	$-2H_2O$ 200		1.0	1.4	+N,N'	$+NH_4OH$		

① 不 KOH、NaOH 和碱的氯（溴、碘）酸盐溶液；易溶于碱的氯（溴、碘、氰）化物和氰酸盐溶液。

② 溶于稀酸、乙二胺、乙醇胺、KI_4；微溶于液体二氧化硫。

表 12.2.2　碘酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
高碘酸钠	7790-28-5	51513	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R20/21/22;R36/37/38;R8	S17;S26;S36/37/39
高碘酸钾	7790-21-8	51513	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R36/37/38;R8	S17;S26;S37/39
碘酸氢钾	13455-24-8	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸钙	7789-80-2	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R36/37/38;R8	S17;S26;S37/39
碘酸钠	7681-55-2	51517	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R22;R36/37/38;R8	S17;S26;S37/39
碘酸钡	10567-69-8	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸钾	7758-5-6	51517	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸铁		51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸铅	25659-31-8	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸铵	13446-09-8	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸银	7783-97-3	51517	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸锂	13765-03-2	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸锌	7790-37-6	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸锶		51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
碘酸镉	7790-81-0	51517		助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R20/21/22-R50/53	S60-61

12.2.2 密　　度

表 12.2.3　碘酸钾固体的密度

温度/℃	32	17.5	15	−78	−194	−273
密度/(g/cm^3)	3.93	3.979	3.990	4.025	4.068	4.085

表 12.2.4　碘酸钾水溶液的密度

浓度(质量分数)/%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
密度/(g/cm^3)	1.010	1.019	1.027	1.035	1.044	1.052	1.061	1.071	1.080	1.090

表 12.2.5　不同温度下碘酸钾水溶液的密度　　单位：g/cm^3

温度/℃	碘酸钾浓度(质量分数)/%			温度/℃	碘酸钾浓度(质量分数)/%			温度/℃	碘酸钾浓度(质量分数)/%		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
0	1.0082	1.0167	1.0254	30	1.0043	1.0131	1.0220	70	0.9868	0.9958	1.0050
10	1.0081	1.0166	1.0253	40	1.0010	1.0098	1.0188	80	0.9808	0.9899	0.9992
20	1.0068	1.0155	1.0243	50	0.9969	1.0058	1.0148	90	0.9744	0.9835	0.9828
25	1.0057	1.0144	1.0232	60	0.9921	1.0011	1.0102	100	0.9674	0.9764	0.9856

表 12.2.6　碘酸钠水溶液的密度（20℃）

浓度(质量分数)/%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
密度/(g/cm^3)	1.008	1.017	1.026	1.034	1.042	1.052	1.061	1.073	1.083	1.093

12.2.3 溶　解　度

表 12.2.7　碘酸盐在水中的溶解度

分子式	名称	无水碘酸盐在下列温度时 100g 水中的最大溶解质量/g													
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
$Ca(IO_3)_2 \cdot H_2O$	碘酸钙·1水						0.52	0.59	0.65	0.72	0.80	0.88	0.95		
$Ca(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$	碘酸钙·6水	0.10	0.17	0.28	0.35	0.42	0.61	0.90	1.38						
$Co(IO_3)_2 \cdot 2H_2O$	碘酸钴·2水			0.45	0.48	0.52	0.59	0.67	0.76	0.87	0.99	1.15	1.33		
$CsIO_3$	碘酸铯				2.6^{24}										
$CsIO_4$	高碘酸铯			2.15^{15}											
KIO_3	碘酸钾	4.6	6.3	8.1	9.2	10.3	12.6	15.2	18.3	21.5	24.8	28.4	32.3	47.5	70.9
KIO_4	高碘酸钾	0.17	0.30	0.42	0.50	0.61	0.93	1.43	2.16	3.16	4.44	6.02	7.87		
$Mg(IO_3)_2 \cdot 4H_2O$	碘酸镁·4水	3.0	6.7	10.0	11	13	15	17	18		18.5		19		
$NaIO_3$	碘酸钠	2.48	4.59	7.96	9.50	10.8	13.3	16.2	19.8	23.3	26.6	29.9	33.0		
$NaIO_3 \cdot H_2O$	碘酸钠·1水	2.5	4.6	9.0		11.0	13.3	16.3	19.8		23.5				
$TlIO_3$	碘酸铊			0.06											

表 12.2.8　碘酸钾在碘酸水溶液中的溶解度

溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固相	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固相
HIO_3	KIO_3		HIO_3	KIO_3	
0	9.51	KIO_3	3.34	2.10	$KIO_3 \cdot HIO_3$
0.65	9.49	$KIO_3 + KIO_3 \cdot HIO_3$	3.34	2.10	$KIO_3 \cdot HIO_3$
0.65	8.90	$KIO_3 \cdot HIO_3$	5.00	1.32	$KIO_3 \cdot HIO_3$
0.67	6.60	$KIO_3 \cdot HIO_3$	7.09	1.00	$KIO_3 \cdot HIO_3$
1.14	4.57	$KIO_3 \cdot HIO_3$	8.04	0.85	$KIO_3 \cdot HIO_3 + KIO_3 \cdot 2HIO_3$
1.69	3.63	$KIO_3 \cdot HIO_3$	3.47	3.59	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$(不稳定)
2.02	3.10	$KIO_3 \cdot HIO_3$	4.80	2.90	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$(不稳定)

续表

溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相
HIO_3	KIO_3		HIO_3	KIO_3	
6.45	1.35	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$(不稳定)	31.20	0.52	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$
9.35	0.64	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$	53.64	0.68	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$
9.35	0.64	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$	62.52	0.72	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$
12.04	0.44	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$	76.40	0.80	$KIO_3 \cdot 2HIO_3 + HIO$
17.50	0.30	$KIO_3 \cdot 2HIO_3$	76.70	0	HIO_3

表 12.2.9　碘酸钾在硝酸钾水溶液中的溶解度

(1) 5℃

饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相
	KNO_3	KIO_3			KNO_3	KIO_3	
1.043	0.00	5.25	KIO_3	1.120	12.14	2.87	$KIO_3 + KNO_3$
1.060	5.36	3.29	KIO_3	1.100	14.26	1.08	KNO_3
1.090	10.53	2.93	KIO_3	1.097	14.43	0.0	KNO_3
1.110	13.53	2.89	KIO_3				

(2) 25℃

饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相
	KNO_3	KIO_3			KNO_3	KIO_3	
1.072	0.0	8.46	KIO_3	1.232	26.84	4.24	$KIO_3 + KNO_3$
1.084	5.48	5.92	KIO_3	1.215	27.25	2.65	KNO_3
1.110	8.51	5.25	KIO_3	1.210	27.30	2.06	KNO_3
1.156	16.77	4.57	KIO_3	1.192	27.79	0.00	KNO_3
1.160	18.19	4.48	KIO_3				

(3) 50.4℃

饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相
	KNO_3	KIO_3			KNO_3	KIO_3	
1.110	0.0	13.35	KIO_3	1.34	45.44	2.44	KNO_3
1.167	17.42	7.32	KIO_3	1.35	42.42	4.91	KIO_3
1.259	31.43	5.79	KIO_3	1.326	46.57	0.0	KIO_3
1.33	39.17	5.17	KIO_3	1.37	44.23	4.75	$KIO_3 + KNO_3$

表 12.2.10　碘酸钾在氢氧化钾水溶液中的溶解度（20℃）

溶解度/(mol/L)		溶解度/(mol/L)		溶解度/(mol/L)		溶解度/(mol/L)	
KOH	KIO_3	KOH	KIO_3	KOH	KIO_3	KOH	KIO_3
4.71	0.0390	7.95	0.0176	11.10	0.0128	12.92	0.0135
5.06	0.0362	9.41	0.0144	12.19	0.0131	14.02	0.0154
6.35	0.0256	10.95	0.0130	12.92	0.0135	14.85	0.0194

表 12.2.11　碘酸钾在碘酸钠中的溶解度

t=5℃				t=25℃				t=50℃			
饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相
	$NaIO_3$	KIO_3			$NaIO_3$	KIO_3			$NaIO_3$	KIO_3	
1.043	0.00	5.16	KIO_3	1.071	0.0	8.45	KIO_3	—	0.0	13.21	KIO_3
1.051	1.41	4.71	KIO_3	1.098	4.26	7.09	KIO_3	—	3.92	11.92	KIO_3
1.060	2.17	4.72	$KIO_3 + NaIO_3 \cdot 5H_2O$	1.126	7.13	6.73	$KIO_3 + NaIO_3 \cdot H_2O$	—	7.70	11.14	KIO_3
								—	10.92	10.61	$KIO_3 + NaIO_3 \cdot H_2O$
1.046	2.48	3.19	$NaIO_3 \cdot 5H_2O$	1.103	7.79	3.79	$NaIO_3 \cdot H_2O$				
1.028	3.28	0.0	$NaIO_3 \cdot 5H_2O$	1.074	8.57	0.0	$NaIO_3 \cdot H_2O$	—	11.41	7.93	$NaIO_3 \cdot H_2O$
								—	12.55	4.24	$NaIO_3 \cdot H_2O$
								—	13.49	0.0	$NaIO_3 \cdot H_2O$

表 12.2.12　碘酸钾在硫酸钾水溶液中的溶解度

t=5℃				t=25℃				t=50℃			
饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相
	K_2SO_4	KIO_3			K_2SO_4	KIO_3			K_2SO_4	KIO_3	
1.043	0.0	5.16	KIO_3	1.071	0.0	8.45	KIO_3	—	0.0	13.21	KIO_3
1.060	4.07	3.14	KIO_3	1.085	4.75	5.66	KIO_3	—	7.90	8.68	KIO_3
1.081	7.08	2.57	$KIO_3+K_2SO_4$	1.103	7.74	4.72	KIO_3	—	11.43	7.39	KIO_3
1.077	7.25	1.80	K_2SO_4	1.117	9.65	4.30	$KIO_3+K_2SO_4$	—	12.0	7.06	$KIO_3+K_2SO_4$
1.062	7.64	0.0	K_2SO_4	1.103	10.10	2.44	K_2SO_4	—	13.0	3.78	K_2SO_4
				1.083	10.76			—	12.18	0.0	

12.2.4　碘酸盐的质量指标

表 12.2.13　工作基准试剂碘酸钾的质量指标（GB 1258—2008）

项　　目	工作基准	项　　目	工作基准
含量(KIO_3)(质量分数)/%　≥	99.95～100.05	碘化物(以 I 计)(质量分数)/%　≤	0.001
pH 值(50g/L,25℃)	5.0～8.0	硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%　≤	0.003
澄清度试验　≤	2 号	总氮量(N)(质量分数)/%　≤	0.002
干燥失量(质量分数)/%　≤	0.1	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0002
氯化物及氯酸盐(以 Cl 计)(质量分数)/%≤	0.005	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　≤	0.0005
外观	无色结晶粉末		

表 12.2.14　试剂用碘酸钾的质量指标（GB 651—93）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	优质纯	分析纯		优质纯	分析纯
含量(KIO_3)(质量分数)/%　≥	99.8	99.8	碘化物(以 I 计)(质量分数)/%　≤	0.001	0.002
pH 值(25℃)	5.0～7.0	5.0～7.0	硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/%　≤	0.003	0.01
澄清度试验(HG 3-1168)　≤	2 号	3 号	总氮量(N)(质量分数)/%　≤	0.002	0.003
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.002	0.005	钠(Na)(质量分数)/%　≤	0.01	0.02
干燥失量(质量分数)/%　≤	0.05	0.10	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.0002	0.0005
氯化物及氯酸盐(以 Cl 计)(质量分数)/%≤	0.005	0.02	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　≤	0.0005	0.001

表 12.2.15　饲用碘酸钙的质量指标（HG/T 2418—93）

项　　目	指　标	项　　目	指　标
主含量[以 $Ca(IO_3)_2$ 计]/%　≥	95.0	氯酸盐	合格
重金属(以 Pb 计)含量/%　<	0.001	砷(As)含量/%　<	0.0005
细度(过 180μm 试验筛)/%　>	95	外观	白色结晶或结晶性粉末

第 13 章　碳化物和碳酸盐

目　　录

13.1 碳　化　物

13.1.1 物 性 总 览

表 13.1.1 碳化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2C	一碳化二银	227.75	黄	粉							+N			
Ag_2C_2	二碳化二银	239.76	白	粉			炸		—		+N;×Cl		÷	
Al_4C_3	碳化铝	143.96	黄或绿	六	2.700	2360	//2100	>2200	//→CH_4		//发烟冷硝酸	//KOH(100℃)		—丙酮;+熔融铝
AsC_3	三碳化亚砷	110.95	棕	非、淀			受热或摩擦即爆烈而分解							
B_4C	一碳化四硼	55.25	黑	晶	2.66	2540^{25}	2400	>3500	—	—	—	+熔融液		//硫酸,硝酸,氢氟酸混合液
BaC_2	碳化钡	161.35	灰黑	四		3750			→C_2H_2		//			
Be_2C	一碳化二铍	30.04	黄	六		1900^{15}	//>2100		//	//	+			
$(BeO)_5CO_2 \cdot 5H_2O$	碱式碳酸铍·5水	259.14	白	粉					—	+	+	+		
CaC_2	碳化钙	64.10	白或无①	四或立	1.75	2220^{18}	约2300	//	→C_2H_2		//	+熔融液		②
CeC_2	二碳化铈	164.15	红	四		5230			//		+			
Cr_3C_2	二碳化三铬	180.01	灰	斜		6680	1890//	3800	—	—	—N,N′Cl′	—熔融液		—王水;+KNO_3**
Cr_5C_2	二碳化五铬	284.02	银	晶		6920	1665							—王水
CrC	一碳化铬	64.01	红棕	针		6750								
CSi_2	一碳化二硅	68.13	灰	晶		2500			//		+N,S		—	—乙醚
Cu_2C_2	二碳化二亚铜	151.12	红棕					//	—		+H_2S,N,Cl	—氢氧化物		//热盐酸;热硝酸
Fe_3C	一碳化三铁	179.55	黑	立		7690	1837		—	—	+			+热浓硫酸
$Hg_2C_2 \cdot H_2O$	二碳化二亚汞·1水	443.22	白灰				//100		—				—醇	
HgC_2	二碳化汞	224.61	白	粉或淀		5300	//100		—		+Cl,N		—醇	—醚;×硫酸
$HgC_2 \cdot \frac{1}{3}H_2O$	二碳化汞·$\frac{1}{3}$水	230.61	白	粉		5300	炸		—				—	
K_2C_2	二碳化二钾	102.22	白	粉或晶					—		—	—	—	
LaC_2	碳化镧	162.94	黄	晶		5020^{20}			//		+S;—N′			
Li_2C_2	二碳化二锂	37.90	无	晶		1650^{18}			//		—浓			+熔化的氧化剂
MgC_2	碳化镁	48.32	白	单	无毒无味				→C_2H_2和$Mg(OH)_2$		+			
Mn_3C	一碳化三锰	176.83	黑	针		6890^{17}	1520	高温//	//		//			—浓硫酸、硝酸
MoC	一碳化钼	107.95	灰黑	六或立		8480^{20}	2692		—	—	÷N,Cl,S*	—		÷HF
Mo_2C	一碳化二钼	203.89	灰白	斜或六		8900	2519	∟ 1190	—		÷N,Cl,S*	—		÷HF
Na_2C_2	二碳化二钠	70.00	白棕	晶、粉		1575^{15}			—	—	—	—	—//	
NbC	碳化铌	104.92	灰	立		7970	3500	4300	—		+N			+HF

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
NdC_2	二碳化钕	168.29	黄	六		5150	//		//		+			−浓 HNO_3
Ni_3C	碳化镍	188.14	暗灰	粉		7957								
PrC_2	二碳化镨	164.94	黄	晶		5100	//		//		+			
$Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$	碱式碳酸铅	775.63	白	粉或晶	有毒	6140			—		+N		—	+乙酸
SiC	碳化硅	40.10	蓝至黑	三	2.654	3220	2830//	↑2200	—	—	—	×熔融液		
SmC_2	二碳化钐	174.45	黄	六		5860			//		+			
SrC_2	二碳化锶	111.65	黑	晶		3190			//		//			
TaC	碳化钽	192.96	金黄	立		14400	3820	5500	—		÷S			+HF;×HNO_3
ThC_2	碳化钍	256.06	黄	四		8960[18]	2773着火	5000	//		÷÷浓			
TiC	碳化钛	59.90	灰	立粉		4920	3140	4300	—		−Cl,S	×熔融液		+HF;×HNO_3
U_2C_3	碳化铀	512.14		晶		11280	2400		//		//			
UC_2	二碳化铀	262.05				11280[16]	2350	4370						
VC	碳化钒	62.95	银灰	立		5770	2180	3900	—	÷	×N′;−Cl,S		×KNO_3**	×KNO_3**,$KClO_3$**
W_2C	碳化二钨	379.71	铁灰	立或六		17300	2800	6000	—	—	÷Cl,S;+N*		×王水	×(HNO_3+HF)
WC	碳化钨	195.86	灰蓝	六		15700[18]	3140//	6000	—	—	—		+F_2	+HNO_3;HF,王水
ZrC	碳化锆	103.23	暗灰	立		6730	约3540	约5100	—	—	×	×熔融液	+HF	÷浓硫酸

① 视杂质（10%～20%碳的硫化物、磷化物和硅化物，碳和铁的硅化物和石墨）的含量不同，商品碳化钙可为灰黄、灰黑、黑或红棕色，其与水的作用与纯碳化钙相同。

② 不溶于发烟硝酸、浓硫酸和冷盐酸以及强冷矿物酸；溶于冷冰乙酸；与溴、氯、碘、氟起反应。

表 13.1.2　碳化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
碳化铝	1299-86-1	43026		不	※	※		※	G,T,JS,JP	4.3		

表 13.1.3　碳化物的线胀系数

单位：10^{-6}℃$^{-1}$

材料名称	温度/℃														
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
SiC	3.5	3.7	4.1	4.4	4.6	4.9	5.1	5.3	5.6	5.8	6.1	6.2	6.4	6.5	
TaC	5.1	5.7	6.1	6.3	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.1	7.3	7.5	7.8	8.2	8.5
TiC	5.6	6.2	6.8	7.3	7.7	8.0	8.2	8.5	8.7	9.0	9.3	9.5	9.8	10.1	10.3
VC	5.6	6.0	6.6	7.1	7.7	8.2	8.8								
WC	4.4	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1	5.4	5.6	5.8			
ZrC	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.1	7.3	7.6	7.8	8.0	8.2

表 13.1.4 碳化物的比热容 单位：J/(kg·K)

名称	温度 /K												
	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	50
ThC_2	0.244	0.516	1.223	2.114	3.047	6.566	12.76	17.29	27.75	45.03	52.54	51.78	65.03
UC_2			1.358	3.634	5.911	8.190	10.47	12.75	18.45	24.14	29.84	35.52	46.85
ZrC	0.048	0.105	0.181	0.278	0.527	0.626	0.814	1.155	2.444	2.714	8.274	13.56	37.05

名称	温度 /K																			
	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100
B_4C	0.018	0.048	0.092	0.152	0.226	0.310	0.401	0.497	0.739	0.959										
B_4C^*														1.206	1.341	1.468	1.589	1.704	1.812	1.913
Fe_3C	0.132	0.186	0.245	0.293	0.341	0.402	0.455	0.491	0.563	0.591										
MoC														0.362	0.358	0.363	0.375	0.392	0.409	0.424
NbC	0.062	0.103	0.139	0.169	0.198	0.223	0.247	0.269	0.317	0.353										
NbC^*										0.356	0.384	0.405	0.419	0.431	0.448	0.461	0.472			
SiC	0.022	0.057	0.105	0.160	0.221	0.283	0.345	0.406	0.548	0.673	0.839	0.879	0.908	0.985	1.052	1.100	1.138	1.171	1.200	1.227
TaC	0.057	0.081	0.097	0.109	0.120	0.131	0.141	0.151	0.174	0.194										
TaC^*														0.204	0.221	0.236	0.250	0.262	0.276	0.291
ThC_2	0.076	0.088																		
UC	0.062	0.080	0.100	0.117	0.133	0.147	0.159	0.169	0.189	0.204										
UC^*										0.169		0.206		0.224	0.235	0.242	0.248	0.253	0.257	0.261
UC_2	0.058	0.069	0.080	0.102	0.122	0.142	0.159	0.174	0.188	0.214	0.235									
UC_2^*										0.234	0.233	0.242	0.255	0.265	0.281	0.282				
VC	0.056	0.110	0.167	0.221	0.271	0.316	0.357	0.393	0.471	0.533	0.595	0.617	0.647	0.668	0.706	0.738	0.766	0.792	0.817	0.841
WC														0.233	0.236	0.242	0.250	0.259	0.267	0.273
ZrC	0.053	0.083						0.278	0.301[220]											
ZrC^*														0.436	0.442	0.448	0.453	0.458	0.463	0.469

名称	温度 /K																		
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000
B_4C^*	2.008	2.096	2.178	2.253	2.321	2.383	2.438	2.487	2.529	2.564	2.593	2.615	2.631	2.640					
MoC	0.438	0.451	0.465	0.481	0.496	0.510	0.520	0.527	0.529	0.527	0.519								
NbC^{**}							0.721	0.758	0.950	0.963	1.020	0.839	0.935	1.010					
SiC	1.252	1.276	1.299	1.321	1.344	1.365	1.387												
TaC^*	0.305	0.319	0.330	0.338	0.342	0.344	0.344	0.343	0.343	0.343	0.344	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343		
TaC^{**}							0.361	0.337	0.393	0.314	0.456	0.444	0.404	0.371					
UC^*	0.265	0.268	0.272	0.275	0.278	0.281													
VC	0.865	0.888	0.911	0.934	0.957	0.959[1611]													
WC	0.277	0.281	0.287	0.294	0.302	0.310	0.318	0.325	0.331	0.336	0.339	0.342	0.346	0.348	0.348	0.346	0.341		

续表

名称	温度/K																		
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000
ZrC*	0.475	0.482	0.485	0.489	0.494	0.500	0.505	0.510	0.515	0.520	0.525	0.530	0.534	0.538	0.543	0.549	0.554	0.559	0.564

注：材质状态如下。

（1）B_4C：试件成分为96%B_4C和4%石墨。

（2）B_4C*：试件成分为75.97%B、21.18%C、0.07%B_2O_7、0.27%Fe、0.40%Si和0.015%Al_2O_3，在2170℃下热压，密度为2.5g/cm^3；温度为1800K时，其值为0.552。

（3）MoC：试件在曝露前成分为92.1%Mo、5.51%C、2.0%Si、0.6%Fe、0.3%Ti、0.2%Al及<0.1%N；曝露后成分为92.4%Mo、5.39%C及<0.1%N，试件热压成形，真实密度为8.68g/cm^3。

（4）NbC：试件成分为88.17%Nb，总含碳11.74%，化合碳11.35%，<0.05%N_2，0.03%O_2，0.02%Ti，0.006%Ag，0.002%Mn。

（5）NbC**：试件成分为86.66%Nb，总含碳量10.81%。

（6）SiC：试件成分为99.73%SiC(69.84%Si，29.89%C)、0.18%Fe、0.08%Al以及<0.01%Ca。

（7）TaC：试件成分为99.95%TaC、0.03%C及0.02%其他杂质。

（8）TaC*：试件成分为>93.75%Ta、6.14%C、0.1%W及<0.01%的Al、Ca、Nb、Fe、Mg、Na、Ni、Si、Sn、Ti和Zr，热压成形，密度为7.62g/cm^3。

（9）TaC**：试件成分为90.48%Ta，6.27%总碳量，0.04%自由碳，1.62%Nb，0.9%Ti，0.22%Hf，0.2%Fe，0.18%O，0.17%Zr，0.09%N，0.07%Mn，<0.01%的Cr，Cu和Ni。在1350℃、13.79MPa压力下热压1h，密度为13.2g/cm^3。

（10）ThC_2：试件成分为99.21%ThC_2，0.79%自由碳。其制备过程是，Th粉和石墨在70MPa压力下压成0.8cm直径的小球，在真空中加热到2000℃，持续30min。然后粉碎、研磨，在2000℃下加热5h。其后重新研磨，并重新在2000℃下加热5h而得出均匀的样品。

（11）UC：试件成分为94.16%U，5.01%总含碳，0.07%自由碳。

（12）UC*：试件成分为95.12%U、4.88%C、0.0135%O和0.006%N，温度为1800K时，其值为0.286。

（13）UC_2：试件成分为90.79%U，9.20%C。测试在氮气中进行。

（14）UC_2^*：试件成分为99.93%U、0.044%C、0.00601%Fe、0.004%Si、0.0018%Mg及0.00172%Al。其制备过程是，UH_3和C在1100℃下加热2h（真空中），再在1700℃下加热2h。

（15）VC：试件成分为80.90%V，19.04%C。其制备过程是，在1300～1350℃下真空加热26h。

（16）WC：试件在曝露前成分为93.9%W、6.15%C、0.4%Fe、0.3%Si及<0.1%N。曝露后成分为94.1%W、5.95%C和<0.1%N。试件热压成形。曝露后在25℃下的表观密度为13.1g/cm^3，真实密度为14.7g/cm^3。

（17）ZrC：试件成分为89.2%Zr、11.20%C、0.005%O_2和0.067%N_2，杂质有0.12%Ti、0.07%B、Fe以及0.001%Si。温度为3100K、3200K、3300K、3400K、3500K、3573K时，其值分别为0.569J/(kg·K)、0.574J/(kg·K)、0.579J/(kg·K)、0.584J/(kg·K)、0.589J/(kg·K)和0.592J/(kg·K)。

表13.1.5 碳化物的热导率

（1） 单位：W/(m·K)

温度/K	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	230	270
SiC	11.03	48.40	111.7	116.8	95.06	89.50	102.4	102.3	91.11	83.05	93.09	77.32	65.50

（2） 单位：W/(m·K)

名称	温度/K												
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
B_4C	16.10	14.67	13.69	13.62	12.81	10.95	12.17	12.32	11.48	9.196	9.903	10.21	8.434
SiC①	42.50	39.96	38.14	36.17	33.82	31.68	29.92	28.27	26.63	25.10	24.00	23.23	22.03
TC_2		23.84	22.74	21.19	20.69	19.64							

① 试件是从SiC结晶块上切下来的立方体，总孔率为21.7%，以烧结氧化铝作为对比材料；温度为1100K时，其值为18.22W/(m·K)。

13.1.2 质量指标

表 13.1.6 碳化钙（电石）的质量指标（GB 10665—2004）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
发气量(20℃、101.3kPa)/(L/kg)		300	280	260
乙炔中磷化氢(体积分数)/%	≤	0.06	0.08	0.08
乙炔中硫化氢(体积分数)/%	≤	0.10		
粒度(5～80mm)[1](质量分数)/%	≥	85		
筛下物(2.5mm 以下)(质量分数)/%	≤	5		
外观		黑色的固体(有杂质时呈灰色)		

① 粒度范围可由供需双方协商确定。

用途：制作乙炔；加热粉状电石与氮气时，反应生成石灰氮，加热石灰氮；与食盐反应生成的氰熔体用于采金及有色金属工业。可作为钢铁工业的脱硫剂。

表 13.1.7 普通磨料碳化硅的质量指标（GB 2480—2008）

（1）陶瓷结合剂磨具、砂带用碳化硅磨料

牌号	粒度范围		化学成分(质量分数)/%		
			SiC≥	FC≤	Fe_2O_3≤
陶瓷结合剂磨具、砂带用黑碳化硅 C	F4～F90	P12～P100	98.60	0.20	0.40
	F100～F150	P120～P150	98.10	0.25	0.50
	F180～F220	P180～P220	97.20	0.30	0.55
	F230～F280	P240～P360	97.20	0.30	0.55
	F320～F500	P400～P1000	97.00	0.35	0.60
	F600～F800	P1200～P1500	96.50	0.40	0.60
	F1000～F1200	P2000～P2500	95.50	0.50	0.70
陶瓷结合剂磨具、砂带用绿碳化硅 GC	F4～F90	P12～P100	99.10	0.20	0.20
	F100～F150	P120～P150	98.60	0.25	0.45
	F180～F220	P180～P220	98.00	0.25	0.50
	F230～F280	P240～P360	98.00	0.30	0.50
	F320～F500	P400～P1000	97.50	0.30	0.50
	F600～F800	P1200～P1500	97.00	0.35	0.50
	F1000～F1200	P2000～P2500	96.50	0.40	0.50

（2）有机结合剂磨具、手工打磨的砂页用碳化硅磨料

牌号	粒度范围		化学成分(质量分数)/%		
			SiC≥	FC≤	Fe_2O_3≤
有机结合剂磨具用黑碳化硅 C-B 和手工打磨的砂页用黑碳化硅 C-P	F4～F90	P12～P100	98.10	0.25	0.50
	F100～F150	P120～P150	97.60	0.30	0.60
	F180～F220	P180～P220	96.70	0.35	0.65
	F230～F280	P240～P360	96.70	0.35	0.65
	F320～F500	P400～P1000	96.50	0.40	0.70
	F600～F800	P1200～P1500	96.00	0.45	0.70
	F1000～F1200	P2000～P2500	95.00	0.55	0.80
有机结合剂磨具用绿碳化硅 GC-B 和手工打磨的砂页用绿碳化硅 GC-P	F4～F90	P12～P100	98.60	0.25	0.25
	F100～F150	P120～P150	98.10	0.30	0.50
	F180～F220	P180～P220	97.50	0.30	0.60
	F230～F280	P240～P360	97.50	0.35	0.60
	F320～F500	P400～P1000	97.00	0.35	0.60
	F600～F800	P1200～P1500	96.50	0.40	0.65
	F1000～F1200	P2000～P2500	96.00	0.45	0.65

（3）碳化硅磨料磁性物

牌号	粒度范围		磁性物含量(质量分数)/% ≤	
			陶瓷结合剂磨具、砂带用	有机结合剂磨具手工打磨的砂页用
黑碳化硅	F4～F30	P12～P30	0.0300	0.0750
	F36～F60	P36～P60	0.0250	0.0650
	F70～F120	P80～P150	0.0200	0.0550
	F150～F220	P180～P220	0.0150	0.0350
绿碳化硅	F4～F30	P12～P30	0.0200	0.0350
	F36～F60	P36～P60	0.0170	0.0300
	F70～F120	P80～P150	0.0150	0.0250
	F150～F220	P180～P220	0.0120	0.0200

用途：清洁非常坚硬（如碳化钨工件）的表面。用于深度大的喷砂雕刻（如石材雕刻等）。配合超声波机械震动钻孔机用于细孔的钻孔上。钢模喷砂。用于磨料磨具、耐火材料。

表 13.1.8　碳化钽粉的质量指标（GB/T 20508—2006）　　单位：%(质量分数)

项目	牌号			项目	牌号		
	TaC-1	TaC-2	TaC-3		TaC-1	TaC-2	TaC-3
TaC ≥	99.5	99.0	99.0	Fe	0.05	0.1	0.2
总碳 ≥	6.2	6.2	6.2	K	0.003	0.005	0.01
游离碳 ≤	0.10	0.15	0.15	Na	0.003	0.005	0.02
N	0.025	0.05	0.05	Nb	0.3	1.0	1.0
Al	0.005	0.005	0.01	Si	0.008	0.01	0.02
Ca	0.005	0.005	0.01	Ti	0.008	0.015	0.02

项目	牌　号								
	TaC-1			TaC-2			TaC-3		
粒度规格	10	15	30	10	15	30	10	15	30
氧含量/% ≤	0.25	0.20	0.15	0.25	0.20	0.15	0.35	0.25	0.20
粒度规格	10			15			30		
费氏平均粒径/μm	≤1.0			1.0～1.5			1.5～3.0		

注：1. TaC 的含量为百分之百（100%）减去表中杂质实测总和的余量。

2. 粒度规格和粒径的关系。

粒度规格	10	15	30
费氏平均粒径/mm	≤1.0	>1.0～1.5	>1.5～3.0

表 13.1.9　碳化钨粉的质量指标（GB/T 4295—2008）

主含量/% ≥	杂质含量/% ≤								
	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mo	Na	S	Si
99.8	0.002	0.002	0.02	0.0015	0.002	0.01	0.0015	0.002	0.003

牌号	比表面积/(m^2/g)	平均粒度范围/μm	氧含量/% ≤	总碳/%	游离碳/% ≤	化合碳/% ≤
FWC02-04	>2.5	—	0.35	6.20～6.30	0.20	6.07
FWC04-06	1.5～2.5	—	0.30	6.15～6.25	0.15	6.07
FWC06-08	—	0.60～0.80	0.20	6.13～6.23	0.12	6.07
FWC08-10	—	0.80～1.00	0.18	6.08～6.18	0.08	6.07
FWC10-14	—	1.00～1.40	0.15	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC14-18	—	1.40～1.80	0.15	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC18-24	—	1.80～2.40	0.12	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC24-30	—	2.40～3.00	0.10	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC30-40	—	3.00～4.00	0.08	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC40-50	—	4.00～5.00	0.08	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC50-70	—	5.00～7.00	0.08	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC70-100	—	7.00～10.00	0.05	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC100-140	—	10.00～14.00	0.05	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC140-200	—	14.00～20.00	0.05	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC200-260	—	20.00～26.00	0.05	6.08～6.18	0.06	6.07
FWC260-350	—	26.00～35.00	0.08	6.08～6.18	0.06	6.07

注：1. 对于平均粒度不小于 14μm 的粗颗粒碳化钨粉，要求 Fe≤0.05%。

2. 碳化钨粉应过筛，费氏平均粒度<2μm 的粉末，筛网孔径不得大于 150μm；费氏平均粒度 2～10μm 的粉末，筛网孔径不得大于 75μm；费氏平均粒度>10μm 的粉末，筛网孔径不得大于 180μm。

13.2 碳 酸 盐

表 13.2.1 碳酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2CO_3	碳酸银	275.77	黄	粉		6077	1740^{9000}	218//	0.003^{20}	0.05	+N;//Cl	$+NH_4OH$	—	$+Na_2S_2O_3$、KCN
$BaCO_3$	碳酸钡	197.35	白或无	斜	1.676	4430	1740^{9111}	//1450	表 13.2.24		×		—	①
$BaCO_3$	碳酸钡(α)	197.34	白	六	有毒	4430	982→β	//1360	0.002^{18}	0.006	+		—	$+NH_4Cl$ 溶液
$BaCO_3$	碳酸钡(β)	197.34	白		有毒		1740^{9k}		0.002^{18}		+		—	$+NH_4Cl$ 溶液
$BaCO_3$	碳酸钡(χ)	197.34	白	正	1.676	4430	811→β	//1450	0.002^{18}		+		—	$+NH_4Cl$ 溶液
$BeCO_3 \cdot 4H_2O$	碳酸铍·4水	141.08	白	六			//100		0.36^{0} //				—	—液氨
$(BeO)_5 \cdot CO_2 \cdot 5H_2O$	碱式碳酸铍·5水	259.14	白	粉					—	//	+	+		
$(BiO)_2CO_3 \cdot 0.5H_2O$	碱式碳酸铋·0.5水	518.98	淡黄	粉	无嗅 无味	6860	$-H_2O$ 100	//308	—		++Cl;N		—	÷碱金属碳酸盐液
$Bi_2O_3 \cdot CO_3 \cdot H_2O$	碱式碳酸铋·1水	528.03	白	粉	无味	6860	//		—		+		—	—碳酸铵,浓乙酸
$(BiO)_2CO_3$	碱式碳酸铋	509.97	白	粉		6860		//	—		+			
$CaCO_3$	碳酸钙(文石)	100.09	无	斜	1.681	2930	520→方解石	//825	表 13.2.24		×Cl;N		$\div NH_4OH$	+碳酸铵溶液
$CaCO_3$	碳酸钙(方解石)	100.09	无	三	1.550	2711^{25}	$1339^{10.3k}$	//900	表 13.2.24		×Cl;N	$+NH_4Cl$	—	//硫酸,+乙酸
$CaCO_3 \cdot 6H_2O$	碳酸钙·6水	208.18	无	单	1.460	1771^{0}								
$CaCS_3$	硫代碳酸钙	148.29	黄						+			+		
$Ca(HCO_3)_2$	碳酸氢钙	162.12	无	晶或白 粉	1.514		遇热//		++					$+CO_2$ 水溶液
$CaMg(CO_3)_2$	碳酸镁钙	184.40	无	三	1.682	2862	//>730		0.032^{18}		×			
$CdCO_3$	碳酸镉	172.42	白	三	稳定	4258^{4}	//400		—	—	++//	—液氨	—	+铵盐,KCN溶液
$Ce_2(CO_3)_3 \cdot 5H_2O$	碳酸铈·5水	550.37	白	粉					—					$+(NH_4)_2CO_3$ 溶液
$CoCO_3$	碳酸钴	118.94	浅玫瑰	单粉		4130	//>7427		—	—	+	$-NH_3$	—	—乙酸甲酯
$CoCO_3 \cdot KHCO_3 \cdot 4H_2O$	碳酸钴合碳酸氢钾·4水	291.13	玫瑰	晶					//					
$2CoCO_3 \cdot 3Co(OH)_2 \cdot H_2O$	碱式碳酸钴	534.78	红						—	//	+			$+(NH_4)_2CO_3$ 溶液
$CrCO_3$	碳酸亚铬·1水	112.01	灰白	非(或蓝绿无定形)					÷			—乙醚		÷碳酸水溶液
$Cr_2O_3 \cdot CO_2 \cdot 4H_2O$	碱式碳酸铬·4水	268.07		非、粉					—		+			
$CsHCO_3$	碳酸氢铯	193.92		正			$-\frac{1}{2}CO_2$ 175		210^{15}	++			+	
Cs_2CO_3	碳酸铯	325.82	无	晶	~		//610		260^{15}	++	×		11.1^{19};20.1^{79}	+乙醚
$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	碱式碳酸铜(蓝铜矿)	344.75	蓝	单	1.758	3880	//220		—	//		$+NH_4OH$		+热浓 $NaHCO_3$

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CuCO_3\cdot Cu(OH)_2$	碱式碳酸铜(孔雀石)	221.17	淡绿	单或粉	1.875	3900	//220		−	//	++	$+NH_4OH$	−	÷含水 CO_2、0.03;+KCN
Cu_2CO_3	碳酸亚铜	187.15	黄	固		4400		//	−	−	+	$+NH_4OH$		
$FeCO_3$	碳酸亚铁	115.86	灰白	三、粉	1.875	3850	//>490		0.0067		+			+碳酸、CO_2水溶液
$FeCO_3\cdot H_2O$	碳酸亚铁·1水	133.88	绿白	无		3800	//		÷÷		+			$+CO_2$水溶液
$HgCO_3\cdot 2HgO$	碱式碳酸汞	693.84	棕至红						−					$+CO_2$水溶液;NH_4Cl
Hg_2CO_3	碳酸亚汞	461.23	黄	粉			//130		−	//	+//			$+NH_4Cl$*
$3HgO\cdot CO_2$	酸式碳酸汞	693.78	暗棕	非、粉					−		+碳酸或硫酸钾溶液			$+NH_4Cl$;CO_2水溶液
K_2CO_3	碳酸钾	138.21	白	粉	≈1.531	2430^{19}	891	//	表13.2.24				−	−丙酮;乙醚
$K_2CO_3\cdot \frac{3}{2}H_2O$	碳酸钾·$\frac{3}{2}$水	165.23	无	单	1.482	2130			129.4	268.3				
$K_2CO_3\cdot 2H_2O$	碳酸钾·2水	174.23	无		1.432	2043	$-H_2O$ 130		表13.2.24				−	−浓 NH_4OH
K_2CS_3	硫化碳酸钾	186.40	红褐	晶			//		+++				÷	
$KHCO_3$	碳酸氢钾	100.12	无	晶	~1.482	2170	//100	200→K_2CO_3	表13.2.24				÷÷	$+K_2CO_3$溶液
$KNaCO_3\cdot 6H_2O$	碳酸钠钾·6水	230.20	无	单		1630	$-6H_2O$ 100		133^{12}	185^{15}				
$La_2(CO_3)_3\cdot 8H_2O$	碳酸镧·8水	602.00	白	晶		2650			−		+	−乙酸		$+CO_2$水溶液
Li_2CO_3	碳酸锂	73.89	白	单、粉	1.567	2110^{0}	618	//1390	表13.2.24		+		−	−丙酮;液氨
$MgCO_3$	碳酸镁	84.31	白	三	1.700	3050	//350	$-CO_2$ 900	0.0106	×	×	−乙酸	+含水 CO_2	−丙酮;液氨
$MgCO_3\cdot 3H_2O$	碳酸镁·3水	138.38	无	斜	1.501	1852	165	$-H_2O$ 100	0.152^{19}	//	×			$+CO_2$水溶液 1.4
$MgCO_3\cdot 5H_2O$	碳酸镁·5水	174.40	白	单	1.476	1730	空气//		0.18^{8}	0.38^{20}	+Cl			$+MgSO_4$溶液
$MgCO_3\cdot Mg(OH)_2\cdot 3H_2O$	碱式碳酸镁·3水	196.69	白	正	1.534	2020^{20}								
$3MgCO_3\cdot Mg(OH)_2\cdot 3H_2O$	碱式碳酸镁·3水	365.35	白	斜	1.534	2160	//300		0.04	0.011	++		−	+铵盐
$MnCO_3$	碳酸锰	114.94	玫瑰	棱	1.817	3125	//		0.11^{18}	6.5^{25} mg	+		−	−液氨;$+CO_2$水溶液
Na_2CO_3	碳酸钠	105.99	白	粉	~1.535	2533	852	//	表13.2.24		×	−丙酮	÷÷	$-CS_2$,乙醚;++甘油
$Na_2CO_3\cdot H_2O$	碳酸钠·1水	124.00	白	斜	1.508	2250	$-H_2O$ 100		表13.2.24				−	−乙醚;+甘油 14^{25}
$Na_2CO_3\cdot 7H_2O$	碳酸钠·7水	232.10		斜或三		1510	//35.1		16.9	33.9^{35}				
$Na_2CO_3\cdot 10H_2O$	碳酸钠·10水	286.14	白	单	1.425	1446	34		表13.2.24				−	
$Na_2CS_3\cdot H_2O$	三硫代碳酸钠·1水	172.22	黄				//		+	//				
$NaHCO_3$	碳酸氢钠	84.01	白	单、粉	味咸 1.500	2160	//65	$-CO_2$ 270	表13.2.22			÷÷	+甘油	
$NaHCO_3\cdot 2H_2O$	碳酸氢钠·2水	226.03	白	单	1.507	2112	//		13					
$Na_2CO_3\cdot NaHCO_3\cdot 2H_2O$	碳酸氢三钠·2水	226.04	无	单	1.507	2112	//		13	42				
NH_4HCO_3	碳酸氢铵	79.06	白	单	氨味 1.536	1586	//105	333.6	表13.2.24				−	−丙酮;乙醇

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$(NH_4)_2CO_3$	碳酸铵	96.09	无	斜晶粉	氨气味		//58		100^{15}	×			—	—CS_2及浓氨水
$(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$	碳酸铵·1水	114.10	无	斜	氨味 不稳定		//58		100^{15}	//		+稀甲醇	—	—CS_2、液氨
$(NH_4)_2CS_2$	三硫化碳酸铵	144.29	黄				↑		+++					
$NH_2CO_2NH_4 \cdot NH_4HCO$	氨基甲酸铵-碳酸氢铵	157.11	白	晶			↑		25.0^{15}	67^{65}				
$(NH_4)_2CO_3 \cdot 2NH_4 \cdot HCO_3 \cdot H_2O$	倍半碳酸铵·1水	272.22	白				//		20^{15}	50^{49}				
$NiCO_3$	碳酸镍	118.71	微绿	正			//		0.009^{25}	—	+			+铵盐溶液
$2NiCO_3 \cdot 3Ni(OH)_2 \cdot 4H_2O$	碱式碳酸镍·4水	587.58	微绿				//		—	//	+			
$3NiO \cdot CO_2 \cdot H_2O$	碱式碳酸镍·1水	286.12									++Cl			
$PbCO_3$	碳酸铅	267.20	无	正	2.076	6600	//315		0.00011^{20}	//	++	+	—	②
$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$	碱式碳酸铅	775.60	白	六	有毒 2.09	6140	//400		—	—	+N	+NH_4Cl (冷稀)	—	+乙酸;÷CO_2水溶液
$Pr_2(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$	碳酸镨·8水	606.00	绿	片			—$6H_2O$ 100		—		+			+碳酸钾水溶液
Rb_2CO_3	碳酸铷	230.94	无	晶	强碱性≈		835		223^{20}	+	×		÷÷	
$RbHCO_3$	碳酸氢铷	146.50	白	正			//175		110^{20}				+	
$SrCO_3$	碳酸锶	147.63	白或无	正	1.664	3850	1497^{6k}	—CO_2 1211	0.0011^{18}	0.065	×Cl,N		—	③
Tl_2CO_3	碳酸亚铊	468.75	无	单	有毒	7200	269	—CO_2 360	5.2^{18}	27.2			—	—乙醚;丙酮
UO_2CO_3	碳酸双氧铀	330.08		四		5600								
$UO_2CO_3 \cdot 2K_2CO_3$	碳酸双氧铀四钾	606.50	黄	晶			—CO_2 300		7.4^{15}	//			—	
$UO_2CO_3 \cdot 2(NH_4)_2CO_3$	碳酸双氧铀四铵	522.26	黄	单	1.62		//		5.55^{18}	//		+SO_2溶液		+碳酸铵水溶液
$UO_2CO_3 \cdot 2Na_2CO_3$	碳酸双氧铀四钠	542.09	黄	晶					÷				—	
$Yb_2(CO_3)_3 \cdot 4H_2O$	碳酸镱·4水	598.17		胶		3670								
$Y_2(CO_3)_3 \cdot 3H_2O$	碳酸钇·3水	411.92					—H_2O 100	—$3H_2O$ 130	—		+	÷SO_2溶液		+碳酸铵水溶液
$ZnCO_3$	碳酸锌	125.39	白	三	1.818	4420	—CO_2 300		0.001^{15}	+铵盐溶液	+	+	—吡啶	—丙酮;液氨;+铵盐
$ZnCO_3 \cdot 2Zn(OH)_2 \cdot H_2O$	碱式碳酸锌	342.19	白	无	无嗅无味				—		+Cl	+NaOH	—	÷氨水

① 微溶于氯化铵、硝酸铵和碳酸溶液；溶于乙酸。

② 不溶于液氨；溶于乙酸、乙酸铵和氯化铵。

③ 微溶于氯化铵溶液、氨水、含水 CO_2；溶于硝酸铵溶液和碳酸。

表 13.2.2 碳酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
碳酸钡	513-77-9	61021	—	不	※	※	—	※	K	6.1	R22	S24/25
碳酸钾	584-08-7			不	※	※		※	W,P,R,G,T		R22;R36/37/38	S26;S37/39
碳酸镍	3333-67-3			不	※	※		※	W,P,R,G,T		R22;R40;R43	S22;S36/37

13.2.1　密　　度

表 13.2.3　碳酸钾水溶液的浓度和密度

（1）0～20℃

浓度			密度	浓度			密度
(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)	/(kg/m³)	(质量分数)/%	/(mol/L)	/(g/L)	/(kg/m³)
1	0.0729	10.07	1007	22	1.9265	266.4	1211
2	0.1471	20.32	1016	24	2.1395	295.6	1232
4	0.2994	41.38	1034	26	2.3570	325.9	1254
6	0.4571	63.17	1053	28	2.5844	357.1	1276
8	0.6203	85.72	1071	30	2.8130	389.4	1298
10	0.7890	109.0	1090	35	3.4311	474.1	1355
12	0.9635	133.1	1110	40	4.0929	565.6	1414
14	1.1438	158.0	1129	45	4.8058	664.1	1476
16	1.3302	183.8	1149	50	5.5731	770.2	1540
18	1.5528	210.4	1169	53	6.0106	830.6	1567
20	1.7129	237.9	1190				

（2）0～120℃　　　　单位：g/cm³

温度/℃	浓度(质量分数)/%										
	1	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36
0	1.0094	1.0189	1.0381	1.0768	1.1162	1.1562	1.1977	1.2405	1.2846	1.3299	1.3764
10	1.0089	1.0182	1.0369	1.0746	1.1131	1.1530	1.1941	1.2366	1.2804	1.3255	1.3717
20	1.0073	1.0164	1.0347	1.0718	1.1097	1.1492	1.1911	1.2446	1.2766	1.3224	1.3677
30	1.0047	1.0136	1.0316	1.0683	1.1058	1.1446	1.1873	1.2372	1.2721	1.3179	1.3626
40	1.0010	1.0098	1.0276	1.0640	1.1013	1.1389	1.1810	1.2234	1.2660	1.3094	1.3548
50	0.9964	1.0051	1.0228	1.0589	1.0960	1.1320	1.1708	1.2119	1.2573	1.2941	1.3426
60	0.9919	1.0005	1.0180	1.5338	1.0906	1.1278	1.1560	1.2082	1.2500	1.2939	1.3374
70	0.9861	0.9970	1.0145	1.0503	1.0846	1.1225	1.1613	1.2005	1.2453	1.2894	1.3328
80	0.9803	0.9889	1.0063	1.0418	1.0786	1.1154	1.1942	1.1954	1.2419	1.2904	1.3278
90	0.9736	0.9822	0.9997	1.0354	1.0724	1.1101	1.1479	1.1925	1.2320	1.2760	1.3225
100	0.9670	0.9756	0.9931	1.0291	1.0663	1.033	1.1443	1.1887	1.2276	1.2691	1.3163

温度/℃	浓度(质量分数)/%									
	40	44	48	50	52	54	56	58	60	62
0	1.4244	1.4740	1.5254	1.5517						
10	1.4195	1.4689	1.5200	1.5462						
20	1.4222	1.4590	1.5147	1.5404						
30	1.4205	1.4483	1.5088	1.5340						
40	1.4020	1.4406	1.5018	1.5266						
50	1.3547	1.4398	1.4930	1.5180						
60	1.3850	1.4350	1.4842	1.5094	1.5358	1.5637				
70	1.3822	1.4288	1.4788	1.5046	1.5312	1.5583				
80	1.3752	1.4230	1.4735	1.4999	1.5266	1.5529	1.5780	1.6009		
90	1.3681	1.4164	1.4661	1.4928	1.5192	1.5454	1.5719	1.5946		
100	1.3639	1.4138	1.4623	1.4856	1.5118	1.5379	1.5657	1.5882	1.6110	
120①		1.4133	1.441	1.4757	1.5024	1.5250	1.5543	1.5753	1.6057	1.6215

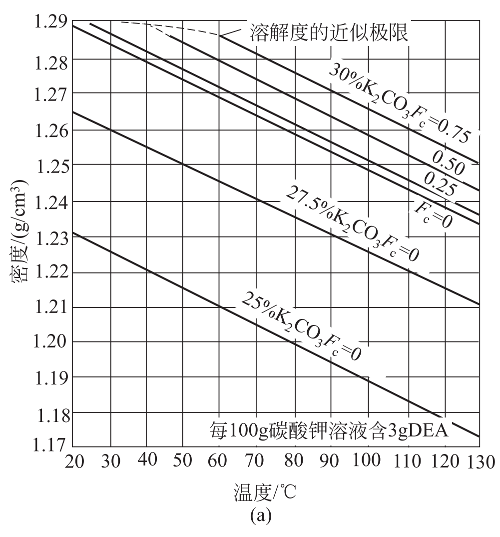
① 浓度为 64%时的密度值为 1.6570g/cm³。

表 13.2.4　碳酸钾-氢氧化钾（46.3%）水溶液的密度（ρ_4^{20}）

浓度/(mol/L)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
密度/(g/cm³)	1.053	1.083	1.106	1.127	1.149	1.172	1.195
浓度/(mol/L)	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
密度/(g/cm³)	1.217	1.239	1.260	1.281	1.301	1.321	1.340

表 13.2.5　碳酸-氢氧化钾水溶液的密度　　单位：g/cm³

KOH（质量分数）/%	K_2CO_3（质量分数）/%	ρ_4^{20}	ρ_4^{50}	KOH（质量分数）/%	K_2CO_3（质量分数）/%	ρ_4^{20}	ρ_4^{50}
28.58	0	1.279	1.264	31.45	0	1.308	1.296
	2	1.292	1.278		2	1.320	1.306
	5	1.311	1.298		5	1.339	1.322
	10	1.342	1.328		10	1.372	1.350
	15	1.371	1.351		15	1.404	1.382
	20	1.410	1.395		20	1.430	1.419



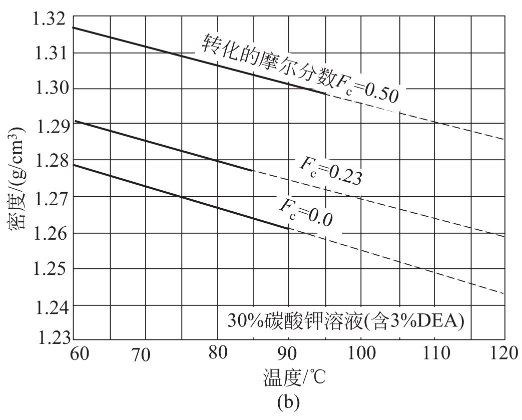


图 13.1　本菲尔溶液的密度

1. 图中密度值是指定温度下，此溶液的密度与 20℃的水相比值

2. F_c 是在 DEA 存在下，经过校正的转化的摩尔分数：

$$F_c=\frac{[KHCO_3]}{2[K_2CO_3]+[KHCO_3]}$$

表 13.2.6　碳酸钠水溶液浓度和密度

（1）密度为变量

溶液密度 ρ_{20} /(g/mL)	Na_2CO_3（质量分数）/%	Na_2CO_3 的浓度 c /(mol/L)	Na_2CO_3 的密度 ρ /(kg/m³)	溶液密度 ρ_{20} /(g/mL)	Na_2CO_3（质量分数）/%	Na_2CO_3 的浓度 c /(mol/L)	Na_2CO_3 的密度 ρ /(kg/m³)
1.00	0.19	0.018	1.91	1.06	5.95	0.595	63.9
1.005	0.67	0.064	6.70	1.07	6.90	0.696	73.8
1.01	1.14	0.109	11.6	1.08	7.85	0.800	84.8
1.02	2.10	0.202	21.4	1.09	8.80	0.905	95.9
1.03	3.05	0.296	31.4	1.10	9.75	1.012	107.3
1.04	4.03	0.395	41.9	1.11	10.68	1.118	118.5
1.05	4.98	0.493	52.3	1.12	11.60	1.226	130.0

续表

溶液密度 ρ_{20} /(g/mL)	Na_2CO_3 (质量分数) /%	Na_2CO_3 的浓度 c /(mol/L)	Na_2CO_3 的密度 ρ /(kg/m^3)	溶液密度 ρ_{20} /(g/mL)	Na_2CO_3 (质量分数) /%	Na_2CO_3 的浓度 c /(mol/L)	Na_2CO_3 的密度 ρ /(kg/m^3)
1.13	12.52	1.335	141.5	1.17	16.03	1.769	187.5
1.14	13.45	1.446	153.3	1.18	16.87	1.878	199.1
1.15	14.35	1.557	165.1	1.19	17.70	1.987	210.6
1.16	15.20	1.663	176.3				

(2) 浓度为变量　　　　单位：g/cm^3

浓度/%	温　度　/℃									
	0	10	15.6	20	30	40	50	60	70	80
1	1.012	1.011	1.010	1.010	1.007	1.004	1.000	0.995	0.990	0.954
2	1.023	1.042	1.021	1.020	1.017	1.014	1.010	1.005	0.999	0.994
4	1.045	1.043	1.043	1.041	1.038	1.034	1.030	1.025	1.019	1.014
6	1.067	1.065	1.063	1.062	1.058	1.054	1.050	1.044	1.039	1.033
8		1.086	1.084	1.083	1.079	1.075	1.070	1.065	1.059	1.053
10		1.107	1.106	1.104	1.100	1.096	1.091	1.085	1.080	1.074
12			1.127	1.126	1.122	1.117	1.112	1.106	1.101	1.094
14			1.149	1.148	1.143	1.138	1.133	1.128	1.122	1.116
16				1.170	1.165	1.160	1.154	1.148	1.143	1.137
18				1.192	1.188	1.182	1.176	1.170	1.164	1.158
20					1.210	1.204	1.198	1.193	1.187	1.181
22					1.233	1.227	1.220	1.215	1.210	1.203
24					1.257	1.250	1.243	1.238	1.232	1.226
26					1.281	1.273	1.266	1.262	1.255	1.249
28					1.305	1.297	1.290	1.285	1.279	1.272

表 13.2.7　碳酸锰水溶液的浓度和密度　　　　单位：g/cm^3

m/%	0	1	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95
ρ	2.715	2.723	2.790	2.857	2.855	2.838	2.957	3.124	3.239	3.354	3.458	3.553	3.649	3702

表 13.2.8　碳酸氢钠水溶液的浓度和密度（18℃）　　　　单位：g/cm^3

浓度(质量分数)/%	1	2	3	4	5	6	7	8
密度/(g/cm^3)	1.0059	1.0132	1.0206	1.0280	1.0354	1.0429	1.0505	1.0581

表 13.2.9　碳酸氢钾水溶液的浓度和密度　　　　单位：g/cm^3

温度/℃	浓度(质量分数)/%						温度/℃	浓度(质量分数)/%		
	1	2	4	6	8	10		1	2	4
0	1.0086	1.0184	1.0270				40	0.9990	1.0058	1.0195
10	1.0064	1.0132	1.0268				50	0.9949	1.0017	1.0154
15	1.0058	1.0125	1.0260	1.0396	1.0534	1.0674	60	0.9901	0.9969	1.0106
18	1.0060	1.0130	1.0280	1.0430	1.0580		80	0.9786	0.9855	0.9993
20	1.0049	1.0117	1.0252				100	0.9653	0.9722	0.9860
30	1.0024	1.0092	1.0228							

表 13.2.10　碳酸铵水溶液的浓度和密度（15℃）

浓度(质量分数)/%	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
密度/(g/cm^3)	1003	1006	1013	1020	1027	1034	1040	1047	1054	1061

浓度(质量分数)/%	20	22	24	26	28	30	35	40	45
密度/(g/cm^3)	1068	1074	1081	1087	1094	1101	1116	1129	1142

表 13.2.11 碳酸氢铵溶液的浓度和密度 单位：g/cm³

浓度（质量分数）/%	温 度 /℃								
	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2	1.0086	1.0077	1.0069	1.0062	1.0058	1.0054	1.0051	1.0048	1.0044
4	1.0182	1.0172	1.0168	1.0164	1.0161	1.0158	1.0156	1.0152	1.0149
6	1.0278	1.0267	1.0261	1.0256	1.0254	1.0251	1.0248	1.0244	1.0242
8	1.0373	1.0362	1.0353	1.0348	1.0343	1.0340	1.0338	1.0335	1.0332
10	1.0467	1.0454	1.0445	1.0438	1.0433	1.0430	1.0427	1.0423	1.0420
12	1.0568	1.0552	1.0538	1.0529	1.0522	1.0518	1.0516	1.0512	1.0508
14	1.0680	1.0651	1.0632	1.0619	1.0611	1.0605	1.0604	1.0601	1.0598
16		1.0759	1.0729	1.0712	1.0700	1.0694	1.0692	1.0690	1.0686
18			1.0851	1.0811	1.0790	1.0782	1.0781	1.0778	1.0775
20				1.0919	1.0882	1.0872	1.0869	1.0865	1.0862
22					1.0982	1.0968	1.0955		
24						1.1077	1.1045		
26							1.1143		
饱和溶液密度/(g/cm³)	1.0876	1.0929	1.0982	1.104	1.110	1.116	1.122		
饱和溶液浓度(质量分数)/%	15.75	17.56	19.35	21.50	23.71	25.93	28.30		

浓度（质量分数）/%	温 度 /℃								
	60	65	70	75	80	85	90	95	100
2	1.0042	1.0040	1.0036	1.0034	1.0030	1.0028	1.0024	1.0022	1.0018
4	1.0145	1.0142	1.0138	1.0136	1.0132	1.0128	1.0125	1.0122	1.0118
6	1.0238	1.0234	1.0232	1.0228	1.0224	1.0220	1.0218	1.0214	1.0210
8	1.0328	1.0325	1.0322	1.0318	1.0316	1.0312	1.0308	1.0304	1.0302
10	1.0416	1.0414	1.0410	1.0406	1.0403	1.0400	1.0396	1.0392	1.0390
12	1.0504	1.0502	1.0498	1.0494	1.0490	1.0486	1.0483	1.0480	1.0476
14	1.0595	1.0591	1.0588	1.0584	1.0581	1.0577	1.0574	1.0571	1.0668
16	1.0683	1.0680	1.0676	1.0673	1.0670	1.0666	1.0663	1.0659	1.0656
18	1.0772	1.0770	1.0766	1.0764	1.0760	1.0757	1.0754	1.0751	1.0748
20	1.0859	1.0856	1.0852	1.0849	1.0846	1.0843	1.0840	1.0836	1.0833

13.2.2 黏 度

表 13.2.12 碳酸盐的黏度 单位：mPa·s

名称	温度/℃							
	780	820	850	890	920	930	970	980
K_2CO_3					2.96			1.59
Li_2CO_3	4.66	3.35	2.78					
Na_2CO_3				3.32		2.24	1.58	

表 13.2.13 碳酸钾水溶液黏度 单位：mPa·s

浓度（质量分数）/%	温 度 /℃						
	4	20	40	60	80	100	120
20	3.32	1.90	1.12	0.82	0.68	0.53	0.47
30	4.70	2.90	1.76	1.20	0.80	0.60	0.58
40	9.13	5.35	2.85	1.85	1.20	0.90	0.84

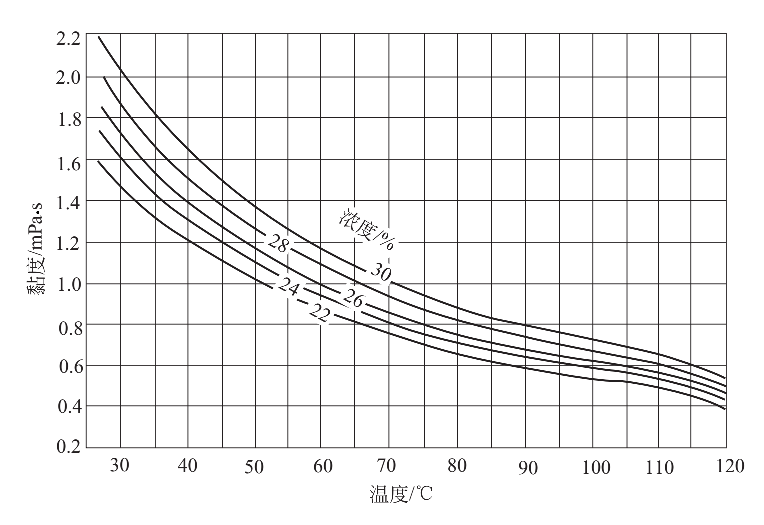


图 13.2　碳酸钾水溶液的黏度

表 13.2.14　碳酸钾-氢氧化钾（46.3%）水溶液的黏度（20℃）

浓度/(mol/L)	1.0	1.5	20	2.5	3.0	3.5	4.0
η/mPa·s	1.134	1.208	1.292	1.386	1.487	1.600	1.729
浓度/(mol/L)	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
η/mPa·s	1.868	2.011	2.165	2.352	2.574	2.806	3.045

表 13.2.15　碳酸钾-氢氧化钾水溶液的黏度　　单位：mPa·s

KOH (质量分数)/%	K_2CO_3 (质量分数)/%	η_{25}	η_{50}	KOH (质量分数)/%	K_2CO_3 (质量分数)/%	η_{25}	η_{50}
28.58	0	2.098	1.296	31.45	0	2.279	1.395
	2	2.199	1.344		2	2.448	1.489
	5	2.383	1.449		5	2.702	1.623
	10	2.720	1.638		10	3.144	1.848
	15	3.134	1.842		15	3.632	2.095
	20	3.843	2.202		20	4.197	2.392

表 13.2.16　碳酸氢钾、碳酸氢钠水溶液的黏度　　单位：mPa·s

名称	浓度/(mol/kg 水)			
	0.25	0.5	1.0	2.0
碳酸氢钾	1.029	1.059	1.123	1.261
碳酸氢钠	1.057	1.118	1.253	

表 13.2.17　碳酸钠水溶液的黏度　　单位：mPa·s

浓度 (质量分数)/%	温度/℃			浓度 (质量分数)/%	温度/℃		
	20	30	40		20	30	40
0	1.01	0.81	0.66	16	2.77	2.10	1.64
2	1.08	0.93	0.73	18	3.32	2.47	1.90
4	1.20	1.00	0.80	20	4.00	2.94	2.23
6	1.36	1.09	0.88	22	4.91	3.53	2.63
8	1.54	1.22	0.97	24	6.10	4.30	3.13
10	1.75	1.36	1.10	26	7.67	5.33	3.75
12	2.00	1.50	1.26	28	9.88	6.54	4.52
14	2.34	1.81	1.45	30	12.72	8.24	5.57

表 13.2.18　碳酸盐水溶液的比黏度（25℃）

浓度/(mol/L)	1.0	0.5	0.25	0.125
K_2CO_3	1.1667	1.0784	1.0391	1.0192
$NaCO_3$		1.2847	1.1367	1.0610

13.2.3 表面张力

表 13.2.19 碳酸盐的表面张力 单位：mN/m

名称	温度/℃					
	750	800	850	900	950	1000
K_2CO_3				169	166	163
Li_2CO_3	243	241	239			
Na_2CO_3			211	201	207	205

表 13.2.20 碳酸盐水溶液的表面张力（20℃）

名称	浓度/(mol/L)										
	0.25	0.5	1.0	1.5	2	3	4	5	6	7	8.3
K_2CO_3		74.2	75.7	77.4	79.1	82.8	87.2	91.9	97.0	103	111
Na_2CO_3	73.45	74.05	75.45	76.75							

表 13.2.21 碳酸钾水溶液的表面张力（20℃）

（1）

水（质量分数）/%	碳酸钾/(mol/L 溶液)	σ/(m/Nm)	水（质量分数）/%	碳酸钾/(mol/L 溶液)	σ/(mN/m)	水（质量分数）/%	碳酸钾/(mol/L 溶液)	σ/(mN/m)
50	42.8	103.8	65	49.0	87.3	90	54.6	75.1
55	45.1	96.6	70	50.5	83.8	100	55.4	72.75
60	47.2	91.4	80	52.9	78.6			

（2）

浓度/(mol/kg)	σ/(mN/m)	浓度/(mol/kg)	σ/(mN/m)	浓度/(mol/kg)	σ/(mN/m)	浓度/(mol/kg)	σ/(mN/m)
0.50	1.46±0.20	2.0	6.32±0.30	5.0	19.1±0.6	8.3	38.0±2.0
0.75	2.20±0.20	2.5	8.14±0.40	6.0	24.2±1.0		
1.00	2.98±0.20	3.0	10.1±0.50	7.0	29.8±1.5		
1.50	2.58±0.20	4.0	14.4±0.6	7.5	32.6±1.5		

注：温度为 0℃，浓度为 0.25mol/kg 时，其表面张力为 (0.7±0.4)mN/m。

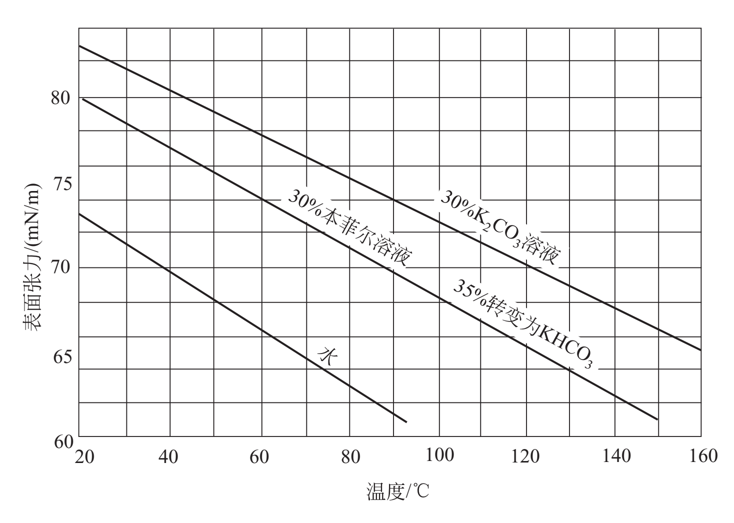


图 13.3 本菲尔溶液的表面张力

13.2.4　溶　解　度

表 13.2.22　$NaHCO_3$ 在水中的溶解度　　　　单位：g/100gH_2O

t/℃	$NaHCO_3$	t/℃	$NaHCO_3$	t/℃	$NaHCO_3$	t/℃	$NaHCO_3$	t/℃	$NaHCO_3$	t/℃	$NaHCO_3$
0	6.90	11	8.25	22	9.90	33	11.55	44	13.40	55	15.40
1	7.00	12	8.40	23	10.05	34	11.70	45	13.55	56	15.60
2	7.10	13	8.55	24	10.20	35	11.90	46	13.75	57	15.80
3	7.20	14	8.70	25	10.35	36	12.05	47	13.90	58	16.00
4	7.35	15	8.85	26	10.50	37	12.20	48	14.10	59	16.20
5	7.45	16	9.00	27	10.65	38	12.35	49	14.30	60	16.40
6	7.60	17	9.15	28	10.80	39	12.50	50	14.45	80	20.2
7	7.70	18	9.30	29	10.95	40	12.70	51	14.65	100	24.3
8	7.85	19	9.45	30	11.10	41	12.90	52	14.85		
9	8.00	20	9.60	31	11.25	42	13.05	53	15.00		
10	8.15	21	9.75	32	11.40	43	13.20	54	15.30		

表 13.2.23　碳酸锰在水中溶解度（CO_2+H_2O 的总压强为 101.3kPa 时）

CO_2分压/kPa	$MnCO_3$/(g/100g 饱和溶液)				
	5℃	15℃	40℃	50℃	80℃
0.0005	0.0011	0.0009	0.0003	0.0002	0.0001
0.005	0.0026	0.0022	0.0008	0.0006	0.0002
0.05	0.0061	0.0052	0.0019	0.0014	0.0005
0.10	0.0078	0.0068	0.0025	0.0018	0.007
1.0		0.04(18℃)			
5.6		0.08(18℃)			

表 13.2.24　其他碳酸在水中的溶解度

分子式	名称	无水碳酸盐在下列温度(℃)时 100g 水中的最大溶解质量/g														
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	200
$BaCO_3$	碳酸钡①		1.7^{8}mg	2.3mg	2.4mg								6.5mg			
$CaCO_3$	碳酸钙	8.1mg	7.0mg	6.5mg		5.2mg	4.4mg	3.8mg								
$Ca(HCO_3)_2$	碳酸氢钙	162mg		166mg			170mg		175mg		180mg		184mg			
K_2CO_3	碳酸钾	107	109	111	112	114	117		126		139		156		274	274
$K_2CO_3 \cdot 1.5H_2O$	碳酸钾·1.5 水	105	108	110		114	117	121	127	134	140	148	156			
$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	碳酸钾·2 水	106	108	110		114	117	121	127	133	140	148	156			
$KHCO_3$	碳酸氢钾	22.7	27.9	33.3	36.5	39.1	45.3	52.0	60.0	68.3						
$LiCO_3$	碳酸锂	1.54	1.43	1.33	1.27	1.25	1.17	1.08	1.01		0.85		0.72			
$MgCO_3$	轻质碳酸镁		0.015		0.025								0.5			
$NaCO_3$	碳酸钠	7.0	12.2	21.8	29.4	39.7	48.8	47.3	46.4		45.1		44.7	42.7	39.3	
$Na_2CO_3 \cdot H_2O$	碳酸钠·1 水					50.5	48.5		46.4	46.2	45.8	45.7	45.5			
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	碳酸钠·10 水	7.0	12.5	21.5		38.8										
$SrCO_3$	碳酸锶		1.1				10.4						65			
$(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$	碳酸铵·1 水			100^{15}												
NH_4HCO_3	碳酸氢铵	11.9	16.1	21.7	24.8	28.4	36.6		59.2		109					

① 在 CO_2 压强为 101.3kPa 和 2530kPa 时，其溶解度分别为 0.27g/100g 饱和溶液和 0.59g/100g 饱和溶液。

表 13.2.25 碳酸氢钾在 K_2CO_3 水溶液的溶解度

溶解度/(mol/L 溶液)		密度	溶解度/(g/100 溶液)		溶解度/(g/100 溶液)		密度	溶解度/(g/100 溶液)	
K_2CO_3	$KHCO_3$	/(g/cm³)	K_2CO_3	$KHCO_3$	K_2CO_3	$KHCO_3$	/(g/cm³)	K_2CO_3	$KHCO_3$
0.0	21.15	1.133	0.0	21.2	49.20	7.35	1.298	34.0	7.6
17.14	15.28	1.182	11.8	15.3	62.14	5.86	1.350	43.0	5.9
24.10	12.65	1.200	16.7	12.6	74.60	4.90	1.398	51.6	4.9
34.50	10.25	1.241	23.8	10.3	87.50	3.75	1.448	60.5	3.8
49.20	7.35	1.298	34.0	7.6	117.75	0.0	1.542	81.4	0.0

表 13.2.26 轻质碳酸钙在含 CO_2 溶液中的溶解度（3.02～3.27 份 CO_2/10000 份空气）

温度/℃	0	10	20	25	30	40	50
溶解度/(g/L)	0.081	0.070	0.065	0.050	0.052	0.044	0.038

表 13.2.27 碳酸氢钙在 NaCl 溶液中的溶解度（25℃） 单位：%(质量分数)

正常大气压下		无 CO_2 空气条件下		CO_2 气氛下	
NaCl	$CaCO_3$	NaCl	$CaCO_3$	NaCl	$CaCO_3$
1	0.0112	1.60	0.0079	1.49	0.150
4	0.0140	5.18	0.0086	5.69	0.160
8	0.0137	9.25	0.0094	11.06	0.174
10	0.134	11.48	0.0104	15.83	0.172
15	0.0119	16.66	0.0106	19.62	0.159
20	0.0106	22.04	0.0115	29.89	0.123
25	0.0085	30.50	0.0119	35.88	0.103

表 13.2.28 重质碳酸钙在 NH_4Cl 水溶液中的溶解度（饱和溶液） 单位：g/L

12～18℃，混合 98 天后		25℃，搅动 24h		60℃时			
NH_4Cl	$CaCO_3$	NH_4Cl	$CaCO_3$	NH_4Cl	$CaCO_3$	NH_4Cl	$CaCO_3$
50	0.405	5	0.260	0	0.028	20	0.525
100	0.609	15	0.391	1	0.157	50	0.880
200	0.645	30	0.526	5	0.330	100	1.131
		50	0.655	10	0.423	160	1.208

表 13.2.29 碳酸铵在氨水溶液中的溶解度

单位：g $(NH_4)_2CO_3$/100g 氨水

温度/℃	浓度(质量分数)/%							
	10	20	30	40	60	70	80	90
−30	—	1	1	1	1	1	1	1
−10	9	3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
0	22	15	10	7.5	6.5	7.5	7	4
20	29.5	23	13.5	9	8	3.5	0.5	—

表 13.2.30 碳酸钾在 LiCl、KCl 及 CO_2 液体中的溶解度

单位：%(质量分数)

溶液	浓度/($\times10^{-4}$mol/kg 水)					
	0.02	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40
25℃ LiCl	0.957	1.203	1.455	1.750	1.925	2.040
40℃ LiCl	1.164	1.494	1.854	2.260	2.525	2.717
25℃ NaCl	0.777	0.965	1.320	1.965	2.485	2.915
40℃ NaCl	0.888	1.140	1.505	2.195	2.780	3.280
25℃ KCl	0.672	0.835	1.055	1.375	1.570	1.685
40℃ KCl	0.972	1.190	1.415	1.690	1.870	1.960

表 13.2.31 碳酸盐在有机溶剂中的溶解度

单位：g/100g 溶剂

分子式	名称	溶剂			
		甲醇	乙醇	甘油	糠醛
Na_2CO_3	碳酸钠			98	
$NaHCO_3$	碳酸氢钠	0.36^{20}	1.2^{16}	7.9^{20}	
$(NH_4)_2CO_3\cdot H_2O$	碳酸铵·1水		21.2^{25}	16.7^{15}	1.7^{25}

注：右上角数字是与其相对应的温度（℃）。

13.2.5　沸　　点

表 13.2.32　碳酸盐水溶液和饱和溶液的沸点

（1）

溶液名称	下列浓度(g/100g 水)溶液的沸点/℃							饱和溶液		
	10	25	50	75	100	500	1000	沸点/℃	浓度/(g/100g 水)	固相组成
K_2CO_3		102.2	105.2	108.4	113.1					
Na_2CO_3	1.010	102.4	104.9					105.0	51.2	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$
$NaCO_3 \cdot 10H_2O$			101.3	101.9	102.3	104.3	104.9			

（2）

溶液名称	101	102	103	104	105	107	110	115	120	125
	相应于上列沸点(℃)的溶液浓度(质量分数)/%									
K_2CO_3	10.31	18.37	24.24	28.57	32.24	37.69	43.97	50.86	56.04	60.40
Na_2CO_3	9.42	17.72	23.72	29.18	33.86					

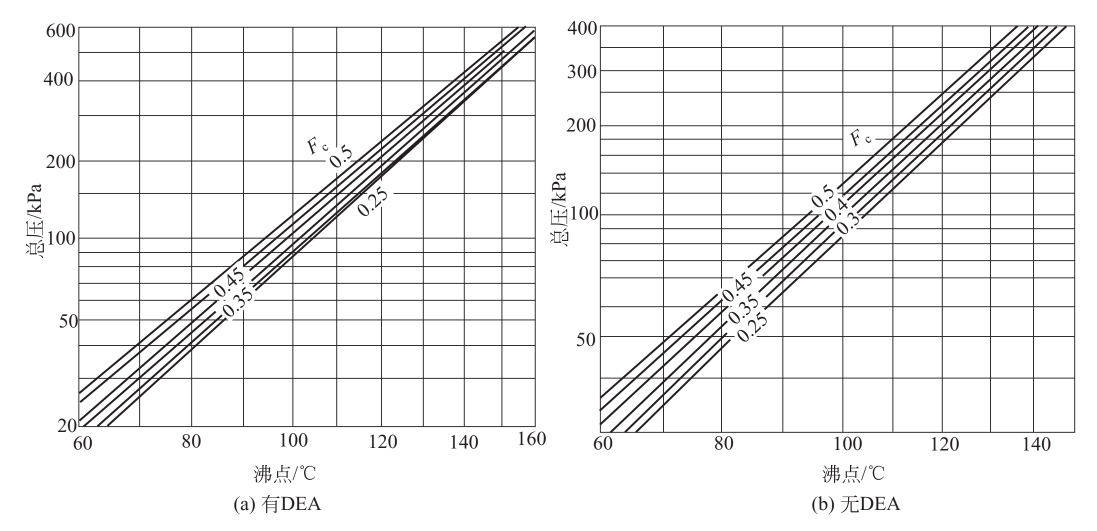


图 13.4　30%碳酸钾溶液在不同压强下的沸点

13.2.6　蒸　气　压

表 13.2.33　重质碳酸钙的 CO_2 分压

温度/℃	600	620	640	660	680	700	720	740	760	780	800	820
p/kPa	0.268	0.418	0.674	1.235	2.106	2.922	5.023	7.506	11.48	13.79	24.40	32.38
温度/℃	840	860	880	900	920	940	960	980	1000	1020	1040	1060
p/kPa	41.46	58.55	80.00	106.5	150.4	184.7	195.6	239.3	310.8	410.3	537.6	692.6
温度/℃	1080	1100	1120	1140	1160	1180	1200	1220	1240	1260	1280	1300
p/kPa	881.4	1062	1298	1590	1936	2338	2794	3306	3884	4634	7120	14400

表 13.2.34　碳酸铵的蒸气压　　单位：kPa

（1）t=20℃

项目	浓度(质量分数)/%							
	3	6	9	12	12	18	21	24
水分压	2.24	2.16	2.07	2.04	1.94	1.87	1.82	1.72
氨分压	0.26	0.50	0.73	1.01	1.25	1.50	1.74	2.05
CO_2分压	0.36	0.47	0.60	0.66	0.71	0.72	0.69	0.82

（2）$t=40℃$

项目	浓度(质量分数)/%							
	3	6	9	12	15	18	21	24
水分压	7.40	4.32	7.20	7.04	6.89	6.76	6.65	6.49
氨分压	0.70	1.37	2.06	2.76	3.47	4.19	4.91	5.58
CO_2分压	1.48	2.45	3.00	3.24	3.43	3.60	3.69	3.78

（3）$t=40℃$

项目	浓度(质量分数)/%							
	3	6	9	12	15	18	21	24
水分压	20.4	20.4	20.4	20.3	20.1	19.9	19.8	19.7
氨分压	1.58	3.83	5.62	7.15	8.64	10.3	12.3	14.9
CO_2分压	7.05	11.4	14.6	16.15	17.5	18.8	20.5	23.1

表 13.2.35 干燥的碳酸铵的蒸气压

温度/℃	25	30	35	40	45	50	52	54	56	58	60
p/kPa	7.568	11.76	17.02	25.28	37.00	52.66	60.89	68.59	83.89	102.0	113.5

表 13.2.36 碳酸钠的分解压

温度/℃	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1500
p'/kPa	0.978	1.086	1.736	2.552	2.800	3.733	5.466	101.3

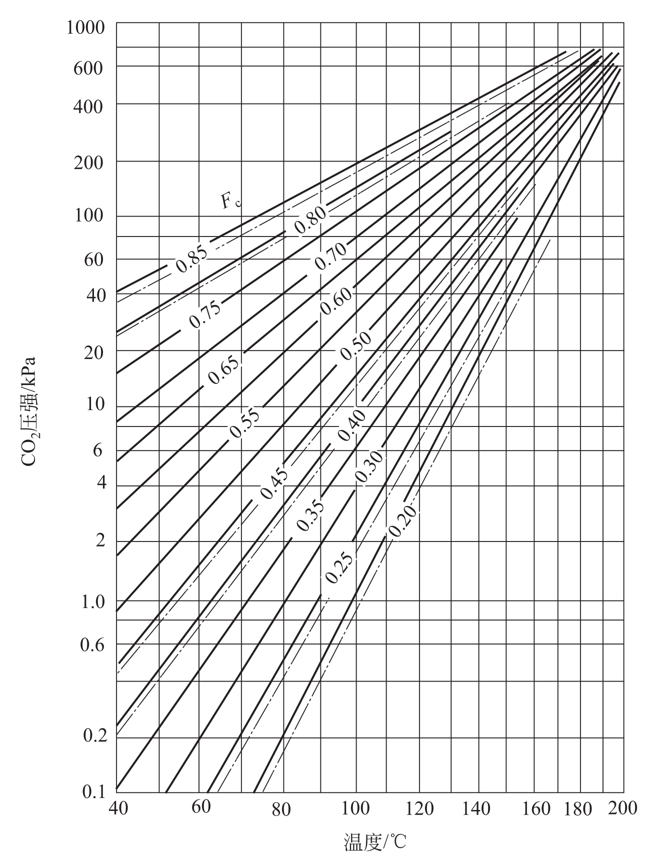


图 13.5 本菲尔溶液中二氧化碳平衡压强

实线：30%K_2CO_3，3%DEA 溶液。点划线：27%K_2CO_3，2.9%DEA 溶液

F_c为碳酸钾转化为碳酸氢钾的分子分数：

$$F_c=\frac{KHCO_3\ 摩尔分数}{2(K_2CO_3\ 摩尔分数)+KHCO_3\ 摩尔分数}$$

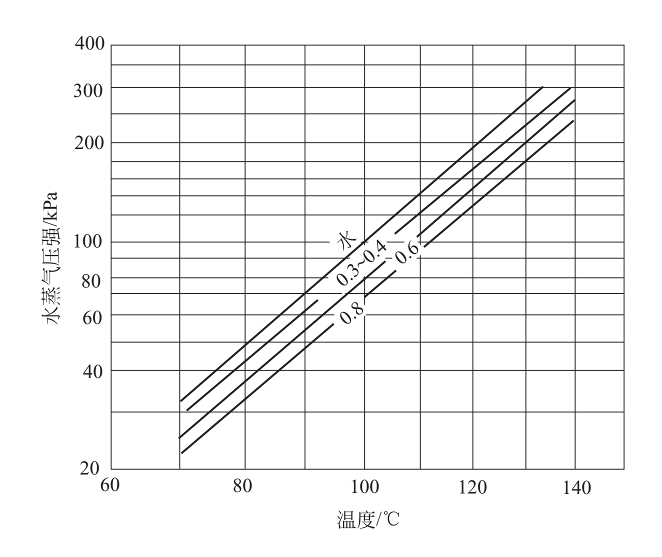


图 13.6　本菲尔溶液中水蒸气平衡压强
（含 30%碳酸钾，无 DEA）

13.2.7　比　热　容

碳酸盐的定压摩尔比热容（p=101.3kPa）

$$c_p = A + 0.001BT + 10^5 C/T^2 \quad \text{J/(mol·K)}$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 的值见表 13.2.37。

表 13.2.37　碳酸盐的定压摩尔比热容计算系数

名　称	形　态	适用温度/K	A	B	C	h_0	s_0
$CaCO_3$	固	298～1200	104.6	21.94	−25.96	1248	528.9
Na_2CO_3	固-1	298～723	11.02	244.2	24.51	−1137	17.10
Na_2CO_2	固-2	723～1123	50.12	129.2	0	−1138	−158.5

表 13.2.38　碳酸钠的比热容

（1）温度单位为热力学温度　　单位：kJ/(kg·K)

温度/K	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
c_p	0.316	0.461	0.579	0.373	0.748	0.807	0.886	0.896	0.932	0.964	0.994	1.022	1.048
温度/K	350	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000	1100	1200
c_p	1.102	1.141	1.167	1.183	1.198	1.217	1.250	1.299	1.437	1.574	1.716	1.856	1.868

（2）温度单位为摄氏度　　单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	−200	−150	−100	−50	0	20	50	100
c_p	0.4145	0.6734	0.8374	0.9430	1.017	1.043	1.077	1.130

表 13.2.39 碳酸钠水溶液的比热容 单位：kJ/(kg·℃)

浓度	温 度 /℃						
(质量分数)/%	20	30	40	50	60	70	76.6
0	4.183	4.174	4.166	4.166	4.170	4.183	4.191
2	4.086	4.095	4.103	4.111	4.124	4.137	4.145
4	3.990	4.011	4.028	4.049	4.065	4.086	4.099
6	3.910	3.936	3.931	3.986	4.011	4.036	4.053
8	3.843	3.864	3.890	3.915	3.948	3.986	4.007
10	3.781	3.810	3.843	3.873	3.906	3.940	3.961
12	3.735	3.760	3.789	3.818	3.852	3.890	3.915
14	3.701	3.714	3.747	3.781	3.814	3.848	3.869
16	3.655	3.676	3.701	3.735	3.768	3.797	3.823
18	3.626	3.643	3.668	3.697	3.726	3.76	3.776
20	3.601	3.613	3.630	3.651	3.676	3.705	3.730

表 13.2.40 碳酸钡的比热容

(1) 温度单位为热力学温度 单位：J/(mol·K)

温度/K	300	400	500	600	700	800	900	1000	1079	1100	1200	1241	1300	1400
c_p	88.35	99.07	106.7	113	118.8	124.3	129.6	134.7	138.8	154.9	154.9	154.9	163.3	163.3

(2) 温度单位为摄氏度 单位：kJ/(kg·℃)

温度/℃	0	100	200	300	400	500	600	700	800
c_p	0.418	0.460	0.485	0.501	0.514	0.527	0.539	0.547	0.544

表 13.2.41 其他碳酸盐的比热容 单位：kJ/(kg·K)

名称	温 度 /K												
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
Ag_2CO_3	0.183	0.224	0.257	0.284	0.306	0.325	0.340	0.353	0.365	0.378	0.390	0.400	0.407
$Ca(CO_3)_2$	0.225	0.324	0.397	0.468	0.532	0.587	0.626	0.677	0.706	0.738	0.780	0.807	0.834
$MgCaCO_3$	0.152	0.256	0.351	0.435	0.507	0.569	0.623	0.671	0.714	0.753	0.792	0.827	0.857
$Mn(CO_3)_2$	0.146	0.234	0.315	0.385	0.444	0.492	0.533	0.569	0.604	0.633	0.658	0.680	0.703
$NaH(CO_3)_2$	0.294	0.436	0.549	0.640	0.713	0.770	0.815	0.858	0.901	0.946	0.986	1.021	1.049
$Sr(CO_3)_2$	0.158	0.237	0.301	0.352	0.389	0.415	0.435	0.456	0.479	0.505	0.529	0.545	0.550
名称	温 度 /K												
	350	400	450	500	550	600	650	700	800	900	1000	1100	1200
$Mn(CO_3)_2$	0.780	0.831	0.871	0.905	0.934	0.958	0.980	0.984^{660}					

注：材质状态如下。

(1) Ag_2CO_3：试件为99.96%的Ag_2CO_3，由纯银箔和化学纯HNO_3制备（再结晶若干次）。

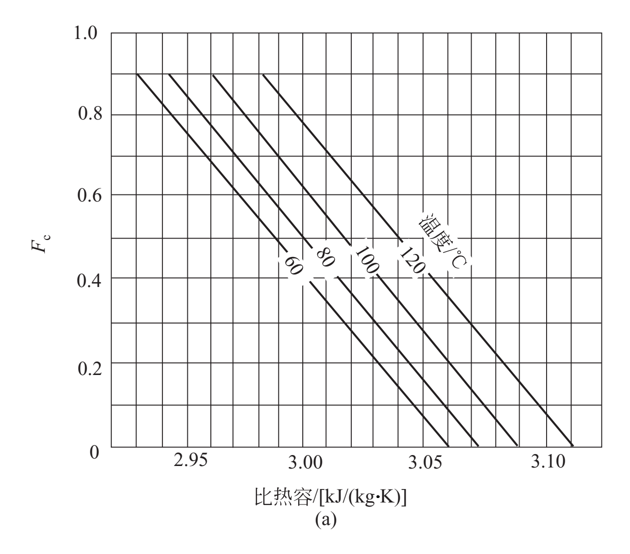
(2) $CaCO_3$：试件成分为98.656% $CaCO_3$，0.725% Ca（OH）$_2$ 以及0.618% H_2O。

(3) $MgCaCO_3$：试件成分为47.38%CO_2、30.77%CaO、21.54%MgO、0.017%SrO和0.08%FeO挤压成形。

(4) Mn（CO_3）$_2$：试件成分中杂质为2.0%$CaCO_3$、0.1%SiO_2和0.1%$FeCO_3$。

(5) $NaHCO_3$：试件成分为>99.8%$NaHCO_3$、0.1%H_2O和0.1%Na_2CO_3。

(6) Sr（CO_3）$_2$：试件成分为93.0%$SrCO_3$和7.0%$CaCO_3$。



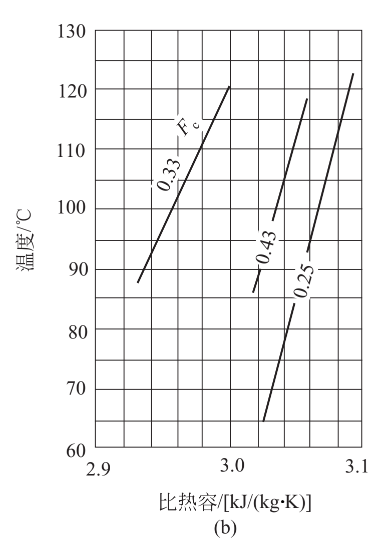


图 13.7　本菲尔溶液的比热容（27%碳酸钾＋3%DEA）

13.2.8　热　导　率

表 13.2.42　碳酸钙、碳酸镁的热导率　　　单位：W/(m・K)

名称	温度/K											
	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400
$CaCO_3$	16.29	14.78	13.40	11.02	9.097	7.584	6.429	5.582	4.478	4.187	3.918	2.878
$MgCO_3$		1.405	1.550	1.896	2.242	2.548	2.822	3.100	4.000	4.650		

注：材质状态如下。

(1) $CaCO_3$：试件为单晶体。所列数据是在垂直于主轴的方向的测量值。

(2) $MgCO_3$：试件为粉末状，堆积密度为 0.22g/cm^3。

表 13.2.43　碳酸钾水溶液的热导率（20℃）　　　单位：W/(m・K)

名称	溶液浓度/%								
	0	5	10	15	20	25	30	40	50
K_2CO_3	0.599	0.595	0.592	0.588	0.582	0.573	0.564	0.539	0.509
Na_2CO_3	0.599	0.607							

13.2.9　比焓、比熵和内能

碳酸钠的定压摩尔焓和熵计算式：

$$h=h_0+0.001AT+0.5\times10^{-6}BT^2-100CT^{-1}$$

$$s=s_0+A\times\ln T+0.001BT-50000CT^{-2}$$

式中，A、B、C、D 和 s_0 的数值见表 13.2.37。

表 13.2.44　碳酸钡的比焓　　　单位：J/mol

温度/K	300	400	500	600	700	800	900	1000	1079	1100	1200	1241	1300	1400
h	−1217	−1208	−1197	−1186	−1175	−1162	−1150	−1137	−1126	−1107	−1104	−1088	−1069	−1053

表 13.2.45　碳酸钡的比熵　　　单位：J/(mol・K)

温度/K	300	400	500	600	700	800	900	1000	1079	1100	1200	1241	1300	1400
s	1130	139.8	162.7	182.7	200.6	216.8	231.8	245.7	256.1	273.6	276.5	290.1	305.2	317.3

表 13.2.46 碳酸钡的内能 单位：kJ/mol

温度/K	300	400	500	600	700	800	900	1000	1079	1100	1200	1241	1300	1400
g	−1251	−1263	−1279	−1296	−1315	−1358	−1402	−1382	−1402	−1402	−1408	−1436	−1466	−1497

13.2.10 溶解热与熔融热

表 13.2.47 碳酸钠的溶解热

物理形态	溶解用水量		溶液中 Na_2CO_3	溶解热/kJ	
	/mol	/g	(质量分数)/%	碳酸钠/mol	碳酸钠/g
无水碳酸钠 106g	15	270	28.2	34.50	0.3253
	18	324	24.7	33.70	0.3178
	20	360	22.7	33.24	0.3136
	25	450	19.1	32.24	0.3056
	50	900	10.5	29.06	0.2742
	100	1800	5.6	26.38	0.2487
	200	3600	2.9	24.62	0.2324
	400	7200	1.5	23.57	0.2223
	800	14400	0.7	23.07	0.2177
	1600	28800	0.4	22.90	0.2160
一水合碳酸钠 124g	200	3600	2.9	10.47	0.0988
七水合碳酸钠 232g	200	3600	2.8	−43.96	−0.4149
十水合碳酸钠 286g	200	3600	2.7	−66.61	0.6284

注：“—”代表吸热。

表 13.2.48 碳酸盐的熔融热 单位：kJ/mol

名 称	$CaCO_3$	K_2CO_3	Na_2CO_3
r_m	(53.17)	32.66	29.31

13.2.11 质量指标

表 13.2.49 食用碳酸钾的质量指标（HG 2452—1993）

项 目		指标	项 目		指标
碳酸钾(K_2CO_3)含量(灼烧后)	≥	99.0	重金属(以 Pb 计)含量	≤	0.002
氯化物(以 KCl 计)含量	≤	0.01	砷(As)含量	≤	0.0003
硫化合物(以 K_2SO_4)含量	≤	0.01	灼烧失量	≤	0.60
铁(Fe)含量	≤	0.0010	外观		白色粉末或颗粒状晶体
水不溶物含量	≤	0.02			

注：灼烧失量指标仅适用于产品包装时检验用。

表 13.2.50 工业碳酸钾的质量指标（GB/T 1587—2000）

项 目		指 标			
		Ⅰ 型(一般工业用)			Ⅱ型(制显像管玻壳用)
		优等品	一等品	合格品	
碳酸钾(K_2CO_3)(质量分数)/%	≥	99.0	98.5	96.0	99.0
氯化物(以 KCl 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.10	0.20	0.03
硫化合物(以 K_2SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.10	0.15	0.04
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	0.010	0.001
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.10	0.04
灼烧失量	≤	0.60	1.00	1.00	0.80
外观		白色粉末颗粒			

注：灼烧失量指标仅适用于产品包装时检验用。

用途：是生产电子管、显像管、显示器玻壳的原料，也用于生产电焊条，还可用于生产还原染料及其冰染的拔白。与纯碱相混合可作干粉灭火剂。也可用作丙酮、乙醇生产的辅助原料和橡胶生产中的防老化剂。农业上作肥料。

表 13.2.51 食用碳酸钾的质量指标（GB 25588—2010）

项目		指标	项目		指标
碳酸钾(以干基计)(质量分数)/%	≥	99.00	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	10
氯化物(以 KCl 计)(质量分数)/%	≤	0.015	砷(As)/(mg/kg)	≤	2
硫化合物(以 K_2SO_4)(质量分数)/%	≤	0.01	灼烧减量(质量分数)/%	≤	0.60
铁(Fe)(以干基计)(质量分数)/%	≤	0.0010	外观		白色粉末或颗粒状晶体
水不溶物(以干基计)(质量分数)/%	≤	0.02			

表 13.2.52 食用碳酸钾的质量指标（HG 2452—93）

项目		指标	项目		指标
碳酸钾(K_2CO_3,灼烧后)(质量分数)/%	≥	99.00	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.002
氯化物(以 KCl 计)(质量分数)/%	≤	0.01	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003
硫化合物(以 K_2SO_4)(质量分数)/%	≤	0.01	灼烧减量(质量分数)/%	≤	0.60
铁(Fe)(以干基计)(质量分数)/%	≤	0.0010	外观		白色粉末或颗粒状晶体
水不溶物(以干基计)(质量分数)/%	≤	0.02			

注：灼烧减量指标仅适用于产品包装时用。

表 13.2.53 照相级无水碳酸钾的质量指标（GB/T 10553—89）

项目	指标	项目	指标
碳酸钾(K_2CO_3)/%	≥ 98.0	卤化物(以 KCl 计)/%	≤ 0.2
水溶液外观	合格	碳酸氢盐(以 $KHCO_3$ 计)/%	≤ 0.4
钙、镁(以 Mg 计)/%	≤ 0.015	重金属(以 Pb 计)/%	≤ 0.001
挥发分(150℃)/%	≤ 2.0	铁(Fe)/%	≤ 0.001
游离碱(以 KOH 计)/%	≤ 1.0	硝酸银氨溶液反应	合格

用途：用于已曝光的感光材料的冲洗加工。

表 13.2.54 试剂用碳酸钾的质量指标（GB/T 1397—1995）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
K_2CO_3(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	98.0
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2号	3号	5号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	0.03
干燥失重(质量分数)/%	≤	0.8	1.0	2.0
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	0.01
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.01
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.01
磷酸盐及硅酸盐(以 SiO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.004	0.005	0.02
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.10
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002	0.005
铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.002	0.02
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.002
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00005	—	—
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001

表 13.2.55 工业重质碳酸钾的质量指标（HG/T 2522—2009）

项目			指标		
			优等品	一等品	合格品
碳酸钾(K_2CO_3)(灼烧后)(质量分数)/%		≥	99.0	99.0	98.5
氯化物(以 KCl 计)(质量分数)/%		≤	0.01	0.03	0.20
硫化合物(以 H_2SO_4 计)(质量分数)/%		≤	0.01	0.04	0.15
铁(Fe)(质量分数)/%		≤	0.001	0.002	0.004
水不溶物(质量分数)/%		≤	0.02	0.03	0.05
灼烧减量(质量分数)/%		≤	0.60	0.80	1.00
粒度	1.40mm 筛余物(质量分数)/%	≤	1.0	1.0	1.0
	0.18mm 筛余物(质量分数)/%	≥	90.0	85.0	85.0
堆积密度/(g/mL)		≥	1.3	1.3	1.3
外观			白色颗粒	白色颗粒	白色颗粒

注：灼烧减量适用于产品包装时检验用。

表 13.2.56 工业碳酸氢钾的质量指标（HG/T 2828—2010）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
总碱量(以 $KHCO_3$ 计，干基)(质量分数)/%	≥	99.0	98.0	96.0
钾(以干基计)(质量分数)/%	≥	38	37.5	37.0
水不溶物(以干基计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.05	0.10
氯化物(以 KCl 计，干基)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.20
硫酸盐(以 K_2SO_4 计，干基)(质量分数)/%	≤	0.04	0.08	0.15
氧化铁(以 Fe_2CO_3 计，干基)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	0.010
pH 值(100g/L 溶液，以干基计)	≤	8.6	8.6	8.6
水分		协商	协商	协商
外观		白色结晶		

用途：用作消防灭火剂、医药辅料、食品配料和陶瓷、玻璃等行业。

表 13.2.57 碳酸氢钾试剂的质量指标

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
碳酸氢钾(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	硅酸盐(SiO_3)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01
pH 值(50g/L，25℃)	≤	8.6	8.6	钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
澄清度试验		合格	合格	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.03	0.005
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.002	0.01	铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
氯化物及氯酸盐(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.01	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.01	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005				

用途：用于生产碳酸钾、乙酸钾、亚砷酸钾等的原料，也用于医药、食品、灭火剂等行业常用作分析试剂；作酸度调节剂和化学膨松剂。

表 13.2.58 工业碳酸钠的质量指标（GB 210.1—2004）

项目		指标			
		Ⅰ类	Ⅱ类		
		优等品	优等品	一等品	合格品
总碱量(以干基的 Na_2CO_3 计)(质量分数)/%	≥	99.4	99.2	98.8	98.0
总碱量(以湿基的 Na_2CO_3 计)①(质量分数)/%	≤	98.1	97.9	97.5	96.7
氯化钠(以干基的 NaCl 计)(质量分数)/%	≤	0.30	0.70	0.90	1.20
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.003	0.0035	0.006	0.010

续表

项　　目			指　　标			
			Ⅰ类	Ⅱ　　类		
			优等品	优等品	一等品	合格品
硫酸盐(以干基的 SO_4 计)(质量分数)/%		≤	0.03	0.03[2]	—	—
水不溶物(质量分数)/%		≤	0.02	0.03	0.10	0.15
堆积密度[3]/(g/mL)		≥	0.85	0.90	0.90	0.90
粒度[3]/%	0.18mm 细度	≥	75.0	70.0	65.0	60.0
筛余物/%	1.18mm 细度	≤	2.0	—	—	—
外观			轻质碳酸钠为白色结晶粉末;重质碳酸钠为白色细小颗粒			

① 为包装时含量，交货时产品中总碱量乘以交货产品的质量，再除以交货清单上产品的质量的值不得低于此数值。

② 为氨碱产品控制指标。

③ 为重质碳酸钠控制项目。

用途：是重要的大吨位化工原料。用于制造玻璃，肥皂；可软化水质，用于石油和油类的精制，冶金工业中脱硫和磷，化学工业中制取钠盐、金属碳酸盐、漂白剂、填料、洗涤剂、催化剂及染料等，在陶瓷工业中制取耐火材料和釉。

表 13.2.59　一水碳酸钠的质量指标（GB 10556—1989）

项　　目	指标	项　　目	指标
一水碳酸钠($Na_2CO_3 \cdot H_2O$)(质量分数)/%	≥98.5	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤0.001
碳酸氯盐(以 $NaHCO_3$ 计)(质量分数)/%	≤0.4	水溶液外观	合格
游离碱(以 NaOH 计)(质量分数)/%	≤0.17	硝酸银氨溶液反应	合格
卤化物(以 NaCl 计)(质量分数)/%	≤0.5	外观	白色粉末状结晶
铁(Fe)(质量分数)/%	≤0.002		

用途：主要用作照相和电影胶片显影液，还用作碗碟食具的洗涤剂。

表 13.2.60　第一基准试剂——无水碳酸钠的质量指标（GB 10735—2008）

项　　目		第一基准	项　　目		第一基准
主含量 Na_2CO_3(质量分数)/%	≥	99.98～100.02	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005
澄清度试验	≤	2 号	铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.001
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005
氯化物(以 KCl 计)(质量分数)/%	≤	0.001	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.005
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.003	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0003
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005
磷酸盐及硅酸盐(以 SiO_2 计)(质量分数)/%	≤	0.0025	外观		白色粉末

表 13.2.61　工作基准试剂——无水碳酸钠的质量指标（GB 1255—2007）

项　　目		工作基准	项　　目		工作基准
主含量 Na_2CO_3(质量分数)/%	≥	99.95～100.05	镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005
澄清度试验	≤	2 号	铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.001
灼烧减量(质量分数)/%	≤	0.5	钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005
氯化物(以 KCl 计)(质量分数)/%	≤	0.001	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.01
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.003	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0003
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005
磷酸盐及硅酸盐(以 SiO_2 计)(质量分数)/%	≤	0.0025	外观		白色粉末

表 13.2.62　试剂用无水碳酸钠的质量指标（GB/T 639—2008）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量(Na_2CO_3)(质量分数)/%	≥	99.8	99.8	99.8
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2 号	3 号	4 号

续表

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
灼烧失量(300℃)(质量分数)/%	≤	0.5	1.0	1.0
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
硫化合物(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.01
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.002
磷酸盐及硅酸盐(以 SiO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.0025	0.006	0.013
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002	0.005
铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	0.01
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	0.02
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.0005	0.001
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001

表 13.2.63　试剂用碳酸氢钠的质量指标（GB/T 640—1997）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量($NaHCO_3$)(质量分数)/%	≥	99.5	99.5	99.0
pH 值(50g/L,25℃)		8.6	8.6	8.6
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2 号	4 号	6 号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
磷酸盐和硅酸盐(以 SiO_2 计)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	0.01
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.005
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.005	0.007	0.01
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.002
还原碘物质(以 I 计)(质量分数)/%	≤	0.0065		

表 13.2.64　工业过氧碳酸钠的质量指标（HG/T 2764—2008）

项　　目		指　　标		
		Ⅰ类(非包衣型)	Ⅱ类(包衣型)	Ⅲ类(低氧型)
活性氧(O)(质量分数)/%	≥	13.5	13.0	11.0～13.0
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0015	0.0015	0.0015
水分(质量分数)/%	≤	2.0	2.0	2.0
堆积密度/(g/mL)		0.40～1.20	0.40～1.21	0.40～1.22
pH 值(30g/L 水溶液)		10～11	10～12	10～13
热稳定性/%	≥	90	90	90
湿稳定性/%	≥	—	30	—
总磷(以 P_2O_5 计)(质量分数)/%	≤	0.8	0.8	0.8
外观		白色结晶或结晶性粉末		

用途：广泛用作纺织工业的漂白剂、染整剂、干漂剂；工业、家庭漂洗剂；造纸工业中的纸浆漂白剂。还被用作还原染料的显色剂，食品餐具的消毒剂，金属表面处理剂等。

表 13.2.65　食用过氧碳酸钠的质量指标（HG/T 2788—1996）

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
活性氧(O)含量(质量分数)/%	≥13.0	重金属(以 Pb 计)含量(质量分数)/%	≤0.001
砷(As)含量(质量分数)/%	≤0.0003	外观	白色结晶或结晶性粉末

用途：用作低磷和无磷洗衣粉的原料，在纺织工业中作漂洗剂、还原显色剂，也可单独作为消毒杀菌剂、除味剂等。牛奶保鲜剂等。

表 13.2.66　工业碳酸氢钠的质量指标（GB/T 1606—2008）

项　　目		指　　标		
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
总碱量(以 $NaHCO_3$ 计)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	98.5
干燥失量(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.20
pH 值(10g/L 水溶液)	≤	8.3	8.5	8.7
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.20	0.50
铁(Fe)含量(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.05
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.5
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.03	0.03	0.05
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0001	0.0001
重金属(以 Pb 计)/%	≤	0.0005	0.0005	0.0005
外观		白色结晶粉末		

表 13.2.67　食品级碳酸氢钠的质量指标（GB 1887—1998）

项　　目	指标	项　　目	指标
食品级总碱量(以 $NaHCO_3$ 计)(质量分数)/%	≥99 0	干燥失量(质量分数)/%	≤0.20
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤0.0005	铵盐	通过试验
砷盐(以 As 计)(质量分数)/%	≤0.0001	澄清度	通过试验
pH 值	≤8.6	外观	白色结晶粉末

用途：用作食品工业的发酵剂、汽水和冷饮中二氧化碳的发生剂、黄油的保存剂。可直接用作制药工业的原料，还可用于电影制片、鞣革、选矿、冶炼、金属热处理、纤维、橡胶及农业浸种等，同时还可用作羊毛的洗涤剂、泡沫灭火剂、浴用剂等。

表 13.2.68　饲用碳酸氢钠的质量指标（HG/T 3972—2007）

项　　目	指标	项　　目	指标
总碱量(以 $NaHCO_3$ 计)(质量分数)/% ≥	99.0	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005
干燥减量(质量分数)/% ≤	0.20	澄清度	通过实验
pH 值(10g/L 水溶液) ≤	8.6	镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0002
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0001	外观	白色粉末或晶体

表 13.2.69　食用碳酸氢三钠（倍半碳酸钠）的质量指标（GB 25586—2010）

项　　目	指标	项　　目	指标
碳酸氢钠($NaHCO_3$)(质量分数)/%	35.0～38.6	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	2
		砷(As)/(mg/kg) ≤	1
碳酸钠(Na_2CO_3)(质量分数)/%	46.4～50.0	硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.02
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.3		
		澄清度	通过实验
水分(质量分数)/%	13.8～16.7	堆积密度 ρ/(g/mL) ≥	0.7
铁(Fe)/(mg/kg) ≤	20	外观	白色针状、片状结晶或结晶粉末
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	5		

表 13.2.70 普通工业沉淀碳酸钙的质量指标（HG/T 2226—2010）

项目		指标					
		橡胶和塑料用		涂料用		造纸用	
		优等品	一等品	优等品	一等品	优等品	一等品
碳酸钙($CaCO_3$)(质量分数)/% ≥		98.0	97.0	98.0	97.0	98.0	97.0
pH 值(10%悬浮液)		9.0～10.5	9.0～10.5	9.0～10.0	9.0～10.5	9.0～10.0	9.0～10.5
105℃挥发物含量(质量分数)/% ≥		0.4	0.5	0.4	0.6	1.0	1.0
盐酸不溶物含量(质量分数)/% ≤		0.10	0.20	0.10	0.20	0.10	0.20
沉降体积/(mL/g) ≥		2.8	2.4	2.8	2.6	2.8	2.6
锰(Mn)(质量分数)/% ≤		0.005	0.008	0.006	0.008	0.006	0.008
铁(Fe)(质量分数)/% ≤		0.05	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08
筛余物(质量分数)/% ≤	125μm 试验筛	全通过	0.005	全通过	0.005	全通过	0.005
	45μm 试验筛	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
白度/度 ≥		94.0	92.0	95.0	93.0	94.0	92.0
吸油值/(g/100g) ≤		80	100	—	—	—	—
黑点/(个/g) ≤		5					
铅(Pb)(质量分数)/% ≤		0.0010					
铬(Cr)(质量分数)/% ≤		0.0005					
汞(Hg)(质量分数)/% ≤		0.0002					
镉(Cd)(质量分数)/% ≤		0.0002					
砷(As)(质量分数)/% ≤		0.0003					
外观		白色或灰白色粉末					

表 13.2.71 轻质碳酸钙的质量指标（HG/T 2226—2000）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
主含量(以 $CaCO_3$ 计)(质量分数)/%		98.0～100.0	97.0～100.0	96.0～100.0
pH 值(10w%悬浮液)		9.0～10.0	9.0～10.5	9.0～11.0
105℃挥发物含量(质量分数)/% ≥		0.4	0.70	1.00
盐酸不溶物含量(质量分数)/% ≤		0.10	0.20	0.30
沉降体积/(mL/g) ≥		2.8	2.6	2.4
铁(Fe)(质量分数)/% ≤		0.08	0.10	0.12
锰(Mn)(质量分数)/% ≤		0.006	0.008	0.010
筛余物(质量分数)/% ≤	125μm 试验筛	0.005	0.010	0.015
	45μm 试验筛	0.30	0.40	0.50
白度/度 ≥		90	90	—

用途：主要用于塑料、橡胶、电线、电缆、食品、医药、油墨、涂料、造纸、农药等工业部门，起到补强，抗拉伸，填充，载体阻燃，降低成本等作用。

表 13.2.72 饲用轻质碳酸钙的质量指标（HG/T 2940—2000）

项目	指标	项目	指标
碳酸钙($CaCO_3$)含量(以干基计)(质量分数)/% ≥	98.0	重金属(以 Pb 计)含量(质量分数)/% ≤	0.003
钙(Ca)含量(以干基计)(质量分数)/% ≥	39.2	砷(As)含量(质量分数)/% ≤	0.0002
水分含量(质量分数)/% ≤	1.0	钡盐(以 Ba 计)含量(质量分数)/% ≤	0.030
盐酸不溶物含量(质量分数)/% ≤	0.2		

表 13.2.73　活化碳酸钙的质量指标（HG/T 2567—2006）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	一等品	合格品		一等品	合格品
碳酸钙($CaCO_3$)(质量分数)/% ≥	96.0	95.0	铁(质量分数)/% ≤	0.10	0.10
pH 值	8.0～10.0	8.0～11.0	锰(质量分数)/% ≤	0.006	0.008
105℃挥发物(质量分数)/% ≤	0.50	0.70	白度/度 ≥	90.0	90
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.20	0.30	吸油量/(g/100g) ≤	70	80
筛余物(45μm)(质量分数)/% ≤	0.005	0.010	活化度/% ≥	95	90
外观	白色(或灰白色)细腻轻质粉末				

用途：作橡胶的填充料，改善橡胶色泽，提高伸长率、拉伸强度、耐磨性能。

表 13.2.74　试剂用碳酸钙的质量指标（GB/T 15897—1995）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$CaCO_3$(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.005	0.05
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	5 号	6 号	镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.05	0.20
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	锶(Sr)(质量分数)/% ≤	0.05	0.10
碱度(以 OH 计)/(mmol/100g) ≤	0.25	0.25	钡(Ba)(质量分数)/% ≤	0.02	0.04
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.002	0.01	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.1	0.3			

表 13.2.75　牙膏用天然碳酸钙的质量指标（QB/T 2317—2007）

项　　目		指标	项　　目		指标
感官指标	外观	白色粉状	杂质指标	还原性碱/(mg/kg) ≤	5
理化指标	细度(质量分数)/% ≥	99.5		铁含量/(mg/kg) ≤	200
	吸水量/(mL/20g)	3.8～5.0		重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	15
	沉降体积/(mL/g)	0.9～1.2		砷含量(以 As 计)/(mg/kg) ≤	5
	挥发物(105℃)(质量分数)/% ≤	0.2	微生物指标	细菌总数/(CFU/g) ≤	100
	pH 值(25℃) ≥	9.0～10.0		霉曲酵母菌/(CFU/g) ≤	100
	甘茨白度 ≥	91		菌群	不应检出
	碳酸钙(质量分数)/% ≥	98		单胞菌	不应检出
杂质指标	酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.05		金黄色葡萄球菌	不应检出
	硫化物	无			

表 13.2.76　牙膏用轻质碳酸钙的质量指标（GB/T 23957—2009）

项　　目	指标	项　　目	指标
碳酸钙($CaCO_3$)(以干基计)(质量分数)/% ≥	98.5	钡(Ba)(质量分数)/% ≤	0.03
pH 值(20%悬浊液)	8.5～10.0	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001
白度/度 ≥	94.0	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0003
细度(45μm 筛余物)(质量分数)/% ≤	0.2	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0003
105℃挥发物(质量分数)/% ≤	0.5	硫化物	通过实验
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.2	细菌总数/(个/g) ≤	300
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.015	类大肠杆菌	不得检出
镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.3	金黄色葡萄球菌	不得检出
氟化物(以 F 计)(质量分数)/% ≤	0.005	霉菌及酵母菌总数/(个/g) ≤	100
沉降体积/(mL/g)	1.7～2.1	外观	白色结晶粉末

表 13.2.77 纳米碳酸钙的质量指标（HG/T 19590—2011）

项目		指标	项目		指标
碳酸钙($CaCO_3$)(干基)(质量分数)/%	≥	80	BET 比表 13.2. 面积/(m^2/g)	≥	18
平均粒径(TFM/SEM)/nm	≤	100	团聚指数		协议
晶粒度(XRD 线宽化法)/nm	≤	100	外观		白色粉末

（1）涂料用纳米碳酸钙推荐指标

项目		指标	项目		指标
平均粒径/nm		60～90	pH 值	≤	9.5
BET 比表面积/(m^2/g)	≥	20	吸油值/(g/100g)	≤	30～50
碳酸钙($CaCO_3$)(质量分数)/%	≥	95	白度/度	≥	93
镁(以 MgO 计)(质量分数)/%	≤	0.8	屈服值/Pa·s		100～200
水分(质量分数)/%	≤	0.5	表面活性剂		脂肪酸类

（2）橡胶塑料用纳米碳酸钙推荐指标

项目		指标		
		Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型
平均粒径/nm		＜50	50～70	＜100
BET 比表面积/(m^2/g)	≥	18	18	18
碳酸钙($CaCO_3$)(干基)(质量分数)/%	≥	95	95	95
镁(以 MgO 计)(质量分数)/%	≤	0.8	0.8	0.8
水分(质量分数)/%	≤	0.4	0.4	0.5
白度/度	≥	95	95	94
pH 值	≤	9.0	9.0	9.5
吸油值/(g/100g)	≤	30	30	40
表面活性剂		脂肪酸类	脂肪酸类	脂肪酸类

（3）胶印油墨用纳米碳酸钙推荐指标

项目		指标		
		Ⅰ型	Ⅱ型	滤饼
平均粒径/nm		20～60	60～90	20～90
BET 比表面积/(m^2/g)		30～36	24～30	24～36
碳酸钙($CaCO_3$)(质量分数)/%	≥	85(干基)	90(干基)	40～60(湿基)
镁(以 MgO 计)(质量分数)/%	≤	0.8	0.8	0.8
水分(质量分数)/%	≤	0.6	1.0	40～60
pH 值	≤	8.8	9.5	—
流动度/mm		32～40	28～36	—
透明度		基本透明	微透明	—
光泽度		协议	协议	协议
细度/μm	≤	15	20	15
表面活性剂		树脂酸	树脂酸	树脂酸

（4）密封胶、胶黏剂用纳米碳酸钙推荐指标

项目		指标	
		Ⅰ型	Ⅱ型
平均粒径/nm		40～60	61～90
BET 比表面积/(m^2/g)	≥	25	18～25
碳酸钙($CaCO_3$)(干基)(质量分数)/%	≥	90	90
镁(以 MgO 计)(质量分数)/%	≤	0.8	0.8

续表

项　　目		指　　标	
		Ⅰ型	Ⅱ型
水分(质量分数)/%	≤	0.5	0.5
白度(黑色密封胶用白度)/度	≥	94(90)	92(90)
pH 值	≤	7.510	7.5～10
稠度/cm	≤	9～11	8～12
表面活性剂		脂肪酸类	脂肪酸类

表 13.2.78　工业微细沉淀碳酸钙和工业微细活性沉淀碳酸钙（HG/T 2776—2010）

项　　目		指　　标			
		工业微细沉淀碳酸钙		工业微细活性沉淀碳酸钙	
		优等品	一等品	优等品	一等品
碳酸钙($CaCO_3$)（质量分数)/%	≥	98.0	97.0	95.0	94.0
pH 值(10%悬浮物)		8.0～10.0	8.0～10.0	8.0～10.0	8.0～10.0
105℃挥发物(质量分数)/%	≤	0.4	0.6	0.3	0.5
盐酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.1	0.2	0.1	0.2
铁(Fe)(质量分数)/%		0.05	0.08	0.05	0.08
白度/度		91.0	92.0	94.0	92.0
吸油值/(g/100g)	≤	100	100	70	70
黑点/(个/g)	≤	5	5	5	5
堆积密度(松密度)/(g/cm^3)		0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5
比表面积/(m^2/g)	≥	12	6	12	6
平均粒径/μm		0.1～1.0	1.0～3.0	0.1～1.0	1.0～3.0
铅①(Pb)（质量分数)/%	≤	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
铬①(Cr)（质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
汞①(Hg)（质量分数)/%	≤	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
镉(Cd)（质量分数)/%	≤	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
砷①(As)（质量分数)/%	≤	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
活化度(质量分数)/%	≥	—	—	96	96

① 在作为食品包装纸、儿童玩具和电子产品填料时，需控制这些指标。

表 13.2.79　造纸工业用重质碳酸钙的质量指标（HG/T 3249.1—2008）

项　　目		指　　标							
		Ⅰ型(1000 目)		Ⅱ型(800 目)		Ⅲ型(600 目)		Ⅳ型(400 目)	
		一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品
碳酸钙($CaCO_3$)(以干基计)(质量分数)/%	≥	98	98	96	98	96	98	96	98
白度/度	≥	96	93.5	95	93	95	92.5	94	92
比表面积/(cm^2/g)	≤	12500	12500	11500	11500	10000	10000	9000	9000
盐酸不溶物/%	≤	0.20	0.20	0.50	0.20	0.50	0.20	0.50	0.20
吸油值/(mL/100g)	≤	25		23		20		20	
深色异物(尘埃)/(个/g)	≤	5		5		5		5	
细度 料径 D_{50}/μm	≤	3.5		4.5		—		—	
细度 料径 D_{97}/μm	≤	11		13		—		—	
细度 通过率/%	≥	—		—		97		97	
磨耗率/(g/m^2)		协商		协商		协商		协商	
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0010		0.0010		0.0010		0.0010	
六价铬(Cr^{6+})(质量分数)/%	≤	0.0005		0.0005		0.0005		0.0005	
汞(Hg)(质量分数)/%	≤	0.0002		0.0002		0.0002		0.0002	
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	
镉(Cd)(质量分数)/%	≤	0.0002		0.0002		0.0002		0.0002	
外观		白色或灰白色粉末							

注：铅、六价铬、汞、砷、镉五项指标只适用于食品包装纸生产。

表 13.2.80 工业重质碳酸钙的质量指标（HG/T 3249—2001）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
碳酸钙($CaCO_3$)/% ≥		98.0	96.0	94.0
pH 值		8.0～10.0	8.0～10.5	8.0～10.5
105℃挥发物/% ≤		0.4	0.5	1.0
三氧化二铁/% ≤		0.025	0.10	—
锰/% ≤		0.006	—	—
铜/% ≤		0.001	—	—
盐酸不溶物/% ≤		0.5	0.7	1.0
筛余物/% ≤	45μm	0.5	0.5	—
	125μm	0.005	0.010	—
白度/度 ≥		92.0	90.0	—
灼烧减量/%		43.0～44.5	42.0～44.5	41.0～44.5
外观		白色(或灰白色)粉末		

用途：广泛用于塑料、橡胶、造纸、涂料、饲料、医药、日用化工、玻璃、陶瓷等领域，作填充剂和性能改良剂。

表 13.2.81 涂料工业用重质碳酸钙的质量指标（HG/T 3249.2—2008）

项目			指标									
			Ⅰ型(3000 目)		Ⅱ型(2000 目)		Ⅲ型(1500 目)		Ⅳ型(1000 目)		Ⅴ型(800 目)	
			一等	合格	一等	合格	一等	合格	一等	合格	一等	合格
碳酸钙（以干基计）(质量分数)/% ≥		Ⅰ类	98.0	96.0	98.0	96.0	98.0	96.0	98.0	96.0	96.0	94.0
		Ⅱ类	96.5	95.0	96.5	95.0	96.5	95.0	96.5	95.0	95.0	93.0
白度/度 ≥			97	95.5	97	95.5	96	95	96	95	94	93
活化度(只针对Ⅱ类产品) ≥			95.0	93.0	95.0	93.0	95.0	93.0	95.0	93.0	93.0	90.0
细度	D_{97}/μm ≤		3		5		8		11		13	
	D_{50}/μm ≤		1.3		1.9		2.5		3.5		4.5	
比表面积/(cm^2/g) ≤			23000		17500		1600		12500		11500	
吸油值/(mL/100g) ≤		Ⅰ类	30		25		25		25		23	
		Ⅱ类	25		22		22		22		20	
铅(Pb)(质量分数)/% ≤			0.0010									
六价铬(Cr^{6+})(质量分数)/% ≤			0.0005									
汞(Hg)(质量分数)/% ≤			0.0002									
砷(As)(质量分数)/% ≤			0.0002									
镉(Cd)(质量分数)/% ≤			0.0002									
外观			白色或灰白色粉末									

表 13.2.82 塑料工业用重质碳酸钙的质量指标（HG/T 3249.3—2008）

项目			指标					
			Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型	Ⅳ型	Ⅴ型	Ⅵ型
			2500	2000	1500	1250	1000	800
碳酸钙(以干基计)(质量分数)/% ≥	Ⅰ类	一等品	96.0					
		合格品	94.0					
	Ⅱ类	一等品	95.0					
		合格品	93.0					
细度	D_{97}/μm ≤		5.0	6.0	9.0	10.0	12.0	15.0
	D_{50}/μm ≤		1.6	2.0	2.5	2.8	3.1	3.5
白度/度 ≥			95	95	94	94	94	93
比表面积/(cm^2/g) ≤			19500	18000	16500	16000	15000	12000
吸油值/(mL/100g) ≤			30	25	23	23	22	20

续表

项目		指标					
		Ⅰ型 2500	Ⅱ型 2000	Ⅲ型 1500	Ⅳ型 1250	Ⅴ型 1000	Ⅵ型 800
活化度（只针对Ⅱ类产品） ≥	一等品	95					
	合格品	90					
105℃挥发物（质量分数）/% ≤		0.5					
铅（Pb）（质量分数）/% ≤		0.0005					
六价铬（Cr^{6+}）（质量分数）/% ≤		0.0003					
汞（Hg）（质量分数）/% ≤		0.0002					
砷（As）（质量分数）/% ≤		0.0002					
镉（Cd）（质量分数）/% ≤		0.0002					
外观		白色或灰白色粉末					

注：玩具和电器用塑料必须控制铅、六价铬、汞、砷、镉五项有害金属指标。

表 13.2.83　橡胶工业用重质碳酸钙的质量指标（HG/T 3249.4—2008）

项目		指标					
		Ⅰ型 2000	Ⅱ型 1500	Ⅲ型 1000	Ⅳ型 800	Ⅴ型 600	Ⅵ型 400
碳酸钙（以干基计）（质量分数）/% ≥		95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0
白度/度 ≥		95.0	94.5	94.5	94.0	94.0	93.0
细度	D_{90}/μm ≤	5.0	6.0	9.0	10.0	12.0	15.0
	D_{50}/μm ≤	1.6	2.0	2.5	2.8	3.1	3.5
	通过率/% ≥	—	—	—	—	97	97
比表面积/（cm^2/g） ≤		17500	16000	12500	11500	10000	—
活化度 ≥		95	95	95	90	90	90
吸油值/（mL/100g） ≤		25	22	20	20	18	18
盐酸不溶物/% ≤		0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.5
105℃挥发物（质量分数）/% ≤		0.5					
铅（Pb）（质量分数）/% ≤		0.0010					
六价铬（Cr^{6+}）（质量分数）/% ≤		0.0005					
汞（Hg）（质量分数）/% ≤		0.0001					
砷（As）（质量分数）/% ≤		0.0002					
镉（Cd）（质量分数）/% ≤		0.0002					
外观		白色或灰白色粉末					

注：铅、六价铬、汞、砷、镉五项指标适用于制造高压锅或电器密封圈用的碳酸钙。

表 13.2.84　工作基准试剂碳酸钙的质量指标（GB 12596—2008）

项目	工作基准	项目	工作基准
含量（$CaCO_3$）（质量分数）/%	99.95～100.05	硫酸盐（以 SO_4 计）（质量分数）/% ≤	0.01
澄清度试验 ≤	5号	总氮量（N）（质量分数）/% ≤	0.01
干燥失重（质量分数）/% ≤	0.2	镁（Mg）（质量分数）/% ≤	0.02
碱度（以 OH^- 计）/（mmol/g）	0.0025	铁（Fe）（质量分数）/% ≤	0.001
氯化物（Cl）（质量分数）/% ≤	0.001	重金属（以 Pb 计）（质量分数）/% ≤	0.001
外观	白色粉末		

表 13.2.85　工业水合碱式碳酸镁的质量指标（HG/T 2959—2010）

项目	指标	
	优等品	一等品
氧化镁（MgO）（质量分数）/%	40.0～43.5	40.0～43.5
氧化钙（CaO）（质量分数）/% ≤	0.20	0.70
盐酸不溶物（质量分数）/% ≤	0.10	0.15

续表

项目		指标	
		优等品	一等品
水分(产品包装时检验用)(质量分数)/%	≤	2.0	3.0
灼烧减量(质量分数)/%		54～58	54～58
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.10
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.004	0.004
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15
细度(质量分数)/%	0.015mm ≤	0.025	0.03
	0.075mm ≤	1.0	—
堆积密度/(g/mL)	≤	0.12	0.2
外观		白色轻质粉状	

用途：用作医药中间体、解酸剂、干燥剂、护色剂、载体、抗结块剂；在食品中作添加剂、镁元素补偿剂；在精细化工上用于生产试剂；在橡胶中作补强剂、填充剂；可作绝热、耐高温的防火保温材料；制造高级玻璃制品；用于搪瓷陶瓷起表面光亮作用；制作镁盐、颜料、涂料、日用化妆品、造船、锅炉制造。

表 13.2.86 食用碱式碳酸镁的质量指标（HG 2790—1996）

项目		指标	项目		指标
氧化镁(MgO)含量/%		40.0～43.5	重金属(以 Pb 计)含量/%	≤	0.003
酸不溶物含量/%	≤	0.05	铅(Pb)含量/%	≤	0.001
氧化钙含量/%	≤	0.60	可溶性盐含量/%	≤	1.0
砷(As)含量/%	≤	0.0003			

表 13.2.87 食用碳酸镁的质量指标（GB 25587—2010）

项目		指标	项目		指标
氧化镁(MgO)(质量分数)/%		40.0～44.0	可溶性盐(质量分数)/%	≤	1.0
酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	砷(As)/(mg/kg)	≤	3
氧化钙(CaO)(质量分数)/%	≤	0.60	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	10

表 13.2.88 工业碳酸钡质量指标（GB/T 1614—1999）

项目			指标/%		
			优等品	一等品	合格品
主含量(以 $BaCO_3$ 计)(质量分数)/%		≥	99.2	99.0	98.5
水分(质量分数)/%		≤	0.30	0.30	0.30
盐酸不溶物灼烧残渣(质量分数)/%		≤	0.15	0.25	0.50
总硫(以 SO_4 计)(质量分数)/%		≤	0.25	0.35	0.45
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%		≤	0.01	—	—
铁(Fe)(质量分数)/%		≤	0.004	0.004	0.008
细度/%	粉状 125μm 试验细度	≤	0.30	0.50	—
	粒状 850μm 试验细度	≤	1	1	1
	粒状 150μm 试验细度	≥	85	85	85
外观			白色粉末或颗粒		

注：1. 对陶瓷电容器用的粉状 45μm 试验细度≤1%。

2. 对湿法造粒产品盐酸不溶物灼烧残渣含量指标参数供需双方议定。

用途：用于钢铁、玻璃、颜料、搪瓷、涂料、橡胶、涂料、焊条、烟火、电子等工业及制造钡盐。

表 13.2.89　试剂用碳酸钡的质量指标（GB/T 654—1999）

项目		指标 分析纯	化学纯	项目		指标 分析纯	化学纯
含量($BaCO_3$)(质量分数)/%	≥	99.0	98.5	总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	4号	6号	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.01	0.003
盐酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	0.05	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0015
碱度(以 OH^- 计)/(mmol/100g)	≤	0.2	0.5	锶(Sr)(质量分数)/%	≤	0.1	0.3
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001
硫化物(S)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0005	硫酸不沉淀物(质量分数)/%	≤	0.05	0.2

表 13.2.90　碳酸锂的质量指标（GB 11075—2003）

牌号	Li_2CO_3（质量分数）/%≥	杂质含量(质量分数)/% ≤							
		Na_2O	Fe_2O_3	CaO	SO_4^{2-}	Cl^-	H_2O	盐酸不溶物	MgO
Li_2CO_3-0	99.2	0.15	0.003	0.035	0.20	0.005	0.5	0.005	0.025
Li_2CO_3-1	99.0	0.20	0.008	0.050	0.35	0.005	0.6	0.015	—
Li_2CO_3-2	98.5	0.25	0.015	0.10	0.50	0.020	0.8	0.050	—
外观	白色粉末，具有流动性，无肉眼可见夹杂物								

用途：制造锂盐。制药工业。陶瓷、玻璃工业。

表 13.2.91　彩色荧光粉用碳酸锂的质量指标（YS/T 638—2007）

项目		指标 FCLi$_2$CO$_3$-1	FCLi$_2$CO$_3$-2	项目		指标 FCLi$_2$CO$_3$-1	FCLi$_2$CO$_3$-2
碳酸锂/%	≥	99.9	99.0	铅(Pb)/%	≤	0.0001	0.0001
钙(Ca)/%	≤	0.002	0.0025	镍(Ni)/%	≤	0.0001	0.0001
铜(Cu)/%	≤	0.0001	0.0002	氯(Cl)/%	≤	0.05	0.05
铁(Fe)/%	≤	0.001	0.001	外观		白色粉末，无可见机械杂物	

表 13.2.92　高纯碳酸锂的质量指标（YS/T 546—2008）

项目		指标 Li_2CO_3-05	Li_2CO_3-045	Li_2CO_3-04
Li_2CO_3/% ≥		99.999	99.995	99.99
杂质含量/$\times10^{-4}$ ≤	Pb	0.05	0.5	1
	Cu	0.05	0.5	1
	Co	0.01	0.1	1
	Ni	0.05	0.5	1
	Fe	0.05	0.5	3
	Al	0.05	0.5	3
	Mn	0.01	0.5	1
	Zn	0.05	0.5	3
	Cd	0.01	1	5
	Cr	0.05	0.5	1
	Mg	2	5	5
	Ba	2	—	—
	Ca	5	8	10
	Sr	2	—	—
	Na	3	5	10
	K	3	5	10
	Rb	1	—	—
	Cs	1	—	—
	Si	—	10	18
	F	—	10	50
外观	白色粉末，不得有肉眼可见杂质			

用途：制取各种高纯锂盐、含锂单晶的原料，用于光学特种玻璃、搪瓷工业、医药、催化剂和彩色荧光粉等，锂离子电池材料等。

表 13.2.93 高纯碳酸锂的质量指标（GB 10576—89）

项目		指标		
		Li_2CO_3-05	Li_2CO_3-045	Li_2CO_3-04
碳酸锂(Li_2CO_3)/%	≥	99.999	99.995	99.99
铅(Pb)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.5	1
铜(Cu)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.5	1
钴(Co)/$\times10^{-6}$	≤	0.01	0.1	1
镍(Ni)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.5	1
铁(Fe)/$\times10^{-6}$	≤	0.35	0.5	3
铝(Al)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.5	3
锰(Mn)/$\times10^{-6}$	≤	0.01	0.5	1
锌(Zn)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.5	3
镉(Cd)/$\times10^{-6}$	≤	0.01	1	5
钛(Ti)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	—	—
铬(Cr)/$\times10^{-6}$	≤	0.05	0.5	1
镁(Mg)/$\times10^{-6}$	≤	2	5	5
钡(Ba)/$\times10^{-6}$	≤	2	—	—
钙(Ca)/$\times10^{-6}$	≤	5	8	10
锶(Sr)/$\times10^{-6}$	≤	2	—	—
钠(Na)/$\times10^{-6}$	≤	3	5	10
钾(K)/$\times10^{-6}$	≤	3	5	10
铷(Rb)/$\times10^{-6}$	≤	1	—	—
铯(Cs)/$\times10^{-6}$	≤	1	—	—
硅(Si)/$\times10^{-6}$	≤	—	10	18
氟(F)/$\times10^{-6}$	≤	—	10	50

表 13.2.94 高纯碳酸锂的质量指标（Q/TJTE 7—2007）

项目		指标		项目		指标	
Li_2CO_3含量/% ≥		99.99	99.999	杂质含量/$\times10^{-6}$ ≤	镁(Mg)	5	2
杂质含量/$\times10^{-6}$ ≤	铅(Pb)	1	1		钙(Ca)	10	5
	铜(Cu)	1	1		钠(Na)	10	3
	钴(Co)	1	1		钾(K)	10	3
	镍(Ni)	1	1		硅(Si)	18	5
	铁(Fe)	3	1		氟(F)	50	5
	铝(Al)	3	1		钛(Ti)	—	1
	锰(Mn)	1	1		钡(Ba)	—	2
	锌(Zn)	3	1		铷(Rb)	—	3
	镉(Cd)	5	1		铯(Cs)	—	1
	铬(Cr)	1	1		锶(Sr)	—	2

表 13.2.95 卤水碳酸锂的质量指标（GB/T 23853—2009）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
碳酸锂(Li_2CO_3)（以干基计）(质量分数)/%	≥	99.2	99.0	98.5
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.20
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.0030	0.0040	0.0080
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0015	0.0035	0.0070
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.025	0.035	0.070
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.015	0.035	0.050
外观		浅红色至浅棕色粉末		

用途：电池、润滑剂、陶瓷、玻璃、空调、冶炼等重要工业领域。

表 13.2.96 碳酸锰的质量指标（HG/T 2836—1997）

项目		指标			
		Ⅱ型		Ⅲ型	
	Ⅰ型	优等品	一等品	一等品	合格品
碳酸锰(以 Mn 计)(质量分数)/% ≥	44.0～46.0	44.0～46.0	44.0～46.0	44.0～46.0	43.0～46.0
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/% ≤	0.05	0.30	0.30	0.30	0.50
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/% ≤	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05
铝(Al)(质量分数)/% ≤	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05
钾(K)(质量分数)/% ≤	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.02	0.02	0.02	002	0.03
钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.03	0.03	0.09	0.30	1.0
镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.02	0.02	0.05	0.10	0.50
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.01	0.006	0.01	0.01	0.02
粒度(45μm 筛余物)(质量分数)/% ≤	1.0	3.0	3.0	—	—

用途：用于生产盐酸普鲁卡因、普鲁卡因胺盐酸盐，对氨甲基苯甲酸、叶酸、苯佐卡因、头孢菌素 V、对氨基苯甲酰谷氨酸、贝尼尔，以及生产活性艳红 M-8B、活性红紫 X-2R 以及滤光剂、彩色胶片成色剂、金属表面除锈剂、防晒剂等。

表 13.2.97 高纯碳酸锰的质量指标（HG/T 10503—1989） 单位：%（质量分数）

项目		指标			
		Ⅱ型		Ⅲ型	
	Ⅰ型	一等品	合格品	一等品	合格品
碳酸锰(以 Mn 计) ≥	44.0～46.0	44.0～46.0	44.0～46.0	43.5	43.5
氯化物(以 Cl 计) ≤	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计) ≤	0.05	0.30	0.30	0.30	0.50
二氧化硅(SiO_2) ≤	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05
铝(Al) ≤	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05
钾(K) ≤	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
钠(Na) ≤	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
钙(Ca) ≤	0.03	0.03	0.10	0.35	1.0
镁(Mg) ≤	0.02	0.02	0.05	0.10	0.50
铅(Pb) ≤	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02
粒度(45μm 筛余物) ≤	1.0	3.0	3.0	—	—

用途：碳酸锰主要用于制造导磁材料，是软磁铁氧体主要成分之一，还用于脱硫的催化剂、瓷釉颜料、清漆催干剂和制作其他锰盐的原料与饲料添加剂。碳酸锰常用于化肥的添加剂，用来处理锰缺乏植物。还用于保健品及陶瓷制品上釉。

表 13.2.98 工业碳酸镍的质量指标（GB/T 26521—2011） 单位：%（质量分数）

项目	指标	项目	指标	项目	指标
镍(Ni) ≥	45.0	钠(Na) ≤	0.1	盐酸不溶物 ≤	0.05
钴(Co) ≤	0.1	锌(Zn) ≤	0.005	外观	淡绿色粉末
铜(Cu) ≤	0.02	钙(Ca) ≤	0.1		
铁(Fe) ≤	0.01	镁(Mg) ≤	0.1		

用途：电镀镀镍用，也用于生产镍盐。

表 13.2.99 工业碱式碳酸锌的质量指标（HG/T 2523—2007）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
碱式碳酸锌(以 Zn 计)(以干基计)(质量分数)/%	≥	57.5	57.0	56.5
灼烧减量(质量分数)/%	≤	25.0～28.0	25.0～30.0	25.0～32.0
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.03	0.05	0.05
水分(质量分数)/%	≤	2.5	3.5	5.0
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.60	0.80	—
细度(通过 75μm 筛网)(以干基计)	≥	95.0	94.0	93.0
镉(Cd)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	—
外观		白色粉末	白色粉末	白色粉末

用途：在医药上用作皮肤保护剂，在饲料中用于补锌剂，在工业上用作轻型收敛剂和乳胶制品，配制炉甘石洗剂，还是生产人造丝、化肥行业的脱硫剂、催化剂的主要原料；在石油钻井中，作含 H_2S 油气井的缓蚀剂、除硫剂；在橡胶制品、涂料等产品中也可广泛应用。

表 13.2.100 工业沉淀碳酸锶的质量指标（HG/T 2969—2010）

项目		指标	
		Ⅰ型(显像管玻壳用)	Ⅱ型(磁性材料等用)
锶钡($SrCO_3$+$BaCO_3$)(质量分数)/%	≥	98.0	—
碳酸锶($SrCO_3$)(质量分数)/%	≥	—	96.0
碳酸钙($CaCO_3$)(质量分数)/%	≤	0.5	0.5
碳酸钡($BaCO_3$)(质量分数)/%	≤	2.0	2.5
钠(以 Na_2O 计)(质量分数)/%	≤	0.3	—
铁(以 Fe_2O_3 计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.01
氯(Cl)(质量分数)/%	≤	0.12	—
总硫(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.35	0.45
水分(质量分数)/%	≤	0.3	0.5
氧化铬($CrZO_3$)(质量分数)/%	≤	0.0005	—
粒度		协商	
外观		白色粉末或颗粒	

用途：是生产锶盐的基本原料。用碳酸锶制取的玻璃，多用于彩色电视机的阴极射线管。也用于电磁铁、锶铁氧体，可制成小型电机、磁选机和扬声器。作为钯的载体，可作加氢之用。此外，还用于烟火的生产、荧光玻璃、信号弹、造纸、医药、分析试剂，以及糖的精制、金属锌电解液精制、锶盐颜料制造等。

表 13.2.101 碳酸铵的质量指标

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氮(N)(以干基计)(质量分数)/%	≥	21.0	21.0	20.5
水分(H_2O)(质量分数)/%	≤	0.2	0.3	1.0
游离酸(H_2SO_4)(质量分数)/%	≤	0.03	0.05	0.20
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.007	—	—
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00005	—	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	—	—
外观		白色结晶,无可见机械杂质	无可见机械杂质	

注：作农业用时可不检验铁、砷、重金属和水不溶物等指标。

用途：用作肥料，用作发酵粉、各种铵盐的原料、缓冲剂、印染助剂以及分析试剂等。食用碳酸铵用作缓冲剂、中和剂、膨松剂、发酵促进剂。用作分析试剂，用作灭火剂、洗涤剂，并用于医药、橡胶等工业。

表 13.2.102 碳酸铵的质量指标 Q/(HG) SJ 681—1995

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
NH_3(质量分数)/% ≥	40.0	40.0	氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.05	0.001
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.02	0.01	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0081	0.0005
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	澄清度试验	合格	合格
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.02	0.01

用途：用作发酵粉、各种铵盐的原料、缓冲剂、印染助剂、肥料以及分析试剂等。食用碳酸铵用作缓冲剂、中和剂、膨松剂、发酵促进剂（制造葡萄酒）。同时也用作分析试剂、灭火剂、洗涤剂，并用于医药、橡胶、发酵等工业。

表 13.2.103 工业用碳酸氢铵的质量指标（GB 6275—86）

项目	指标	项目	指标
碳酸氢铵(质量分数)/% ≥	99.2～101.0	灰分(质量分数)/% ≤	0.008
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.007	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.002
硫化物(S)(质量分数)/% ≤	0.0002	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0002
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.007	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005
外观	白色粉状结晶(产品中允许含有防结块剂)		

用途：在工业中用于碳酸钕、碳酸锆、碳酸钾等生产，在锂电池原料、荧光粉、稀土、纤维消光剂、沉淀剂、医药化工和磁性材料的生产中。

表 13.2.104 试剂用碳酸氢铵的质量指标

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
NH_3 含量/% ≥	40.0	40.0	氯化物(Cl)/% ≤	0.05	0.001
灼烧残渣(以硫酸盐计)/% ≤	0.02	0.01	铁(Fe)/% ≤	0.0081	0.0005
硫化合物(以 SO_4 计)/% ≤	0.002	0.005	澄清度试验	合格	合格
重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.0005	0.001	水不溶物/% ≤	0.02	0.01

用途：医药及试剂。

表 13.2.105 碳酸铈的质量指标（GB/T 16661—2008）

产品牌号	化学成分(质量分数)/%							
	REO ≥	CeO_2/REO ≥	杂质含量≤					
			稀土杂质/REO					
			La_2O_3	Pr_6O_{11}	Nd_2O_3	Sm_2O_3	Y_2O_3	其他
023240	45	99.99	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001
023235	45	99.95	0.02	0.01	0.01	0.001	0.001	0.008
023230A	60	99.9	合量 0.1					
023230B	45	99.9	合量 0.1					
023220	45	99.0	合量 1.0					
023215	45	95.0	合量 5.0					

续表

产品牌号	化学成分(质量分数)/%									
	杂质含量≤									
	非稀土杂质									
	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	PbO	Na_2O	ZnO	Cl^-	SO_4^{2-}
023240	0.001	0.002	0.005	0.01	0.002	0.001	0.02	0.005	0.03	0.01
023235	0.005	0.005	0.01	0.02	0.003	0.002	0.05	0.008	0.05	0.01
023230A	0.005	0.005	0.01	0.02	0.003	0.002	0.02	0.005	0.03	0.01
023230B	0.01	0.01	0.01	0.02	0.003	0.003	0.05	0.01	0.05	0.02
023220	0.01	0.01	0.02	—	—	—	—	0.03	0.08	0.03
023215	0.02	0.03	0.03	—	—	—	—	0.05	0.1	0.05

用途：主要用作生产铈的中间化合物，供汽车尾气净化催化剂等用，可作为氯化铈、氧化铈及其他铈化合物的原料。

表 13.2.106　工业碳酸锆的质量指标（HG/T 3785—2005）

项目		指标		项目		指标	
		一级品	合格品			一级品	合格品
锆铪氯化物合量/%	≥	38.0～42.0	38.0～42.0	二氧化钛(TiO_2)/%	≤	0.002	0.005
氧化铁(Fe_2O_3)/%	≤	0.003	0.005	氯化物(以 Cl 计)/%	≤	0.1	0.2
二氧化硅(SiO_2)/%	≤	0.02	0.04	硫酸盐(以 SO_4 计)/%	≤	0.1	0.2
氧化钠(Na_2O)/%	≤	0.05	0.10	外观		白色粉末	

用途：作皮革柔软化剂、脱脂剂、钛白粉包膜用、植绒、纺织以及航天、电子、核能工业、陶瓷、机械、医疗器械等高强度、耐腐蚀部件。

第 14 章　硫化物和硫酸盐

目　　录

14.1 硫　化　物

14.1.1 物性总览

表 14.1.1 硫化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2S	硫化银	247.80	蓝灰	非、晶	沉淀	7317	825	//	—	÷	//Cl;×N*S′	—NH_4OH		—$Na_2S_2O_3$;×KCN
Ag_4S	一硫化四银	463.54	深黑	非、粉	干燥时分解				—		+S′、N*			+KCN′
Al_2S_3	硫化铝	150.14	黄	六		2020	1110	↑1550(N_2中)	//		+	—		
As_2S_2	二硫化二砷	213.96	橙红或暗红	单	2.68	(α)3506 (β)3254	267 307	565	—	//	×N	+//	÷碳酸碱	+K_2S、$NaHCO_3$
As_2S_3	三硫化二砷	246.02	黄	单	>2.72	3430	310	723	0.00005^{18}	÷	—(//N)	×	—	—苯,CS_2;×Na_2CO_3
As_2S_5	五硫化二砷	310.14	黄	粉				//500	0.14^{0}mg	—	×N	×		×碳酸盐、硫化碱
As_4S_4	一硫化砷(α)	427.90	棕红	单	2.68	3506^{19}	→β267	565	—	//				+$K_2S·NaHCO_3$
As_4S_4	一硫化砷(β)	427.90				3254^{19}	307							
Au_2S	硫化亚金	426.00	棕黑	粉			//240		—		—			+KCN、王水
Au_2S_3	硫化金	490.13	棕黑	粉		8754	//197		—		//N′			—乙醚;+Na_2S
BaS	硫化钡	169.40	灰白	立	有毒 2.155	4250^{15}	(见日光炸)		表 14.1.11		+Cl		—	
$BaS·6H_2O$	硫化钡·6水	277.49		板			//100～350		÷	//			//沸	
BaS_3	三硫化钡	233.53	黄至绿	晶			//400		+	+				
$BaS_4·2H_2O$	四硫化钡·2水	301.60	红	正		2988^{20}	//200		41^{15}	++				—CS_2
$Ba(SH)_2·4H_2O$	氢硫化钡·4水	275.67	白	正			//50		+	+			—	
$BaS_4·H_2O$	四硫化钡·1水	283.61	黄红	正		2988	//300		41.15					
BeS	硫化铍	41.08	无	立		2373			//热水					
BiS	硫化亚铋	241.04	灰	粉		7600-800			÷					
$Bi_2S_2·2H_2O$	二硫化二铋·2水	518.11	暗黑	非、粉			受热时//		—		//Cl			
Bi_2S_3	硫化铋	514.14	暗棕	正		7700	685//		0.000018^{18}		+Cl*,N	—乙酸乙酯		—硫化铵液

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
B_2S_3	三硫化二硼	117.84	白	晶		1550	310		//					÷PCl_3、SCl_2
B_2S_5	五硫化二硼	181.97	白	晶		1850	390		//				//	
$Ca(HS)_2 \cdot 6H_2O$	氢硫化钙·6水	214.32	无	棱			//15		+++	+++			+	
CaS	硫化钙	72.14	白	立	2.137	2180^{15}	>2000		0.02^{15}//	//	//	+		
CdS	硫化镉	144.46	黄橙	立	2.506	4820	1750^{10k}	↑1382	0.00001	胶态	×浓热	++NH_4OH	−	−硫化铵
CeS	硫化铈	172.18				5880^{25}	2450		−	//	+			
Ce_2S_2	三硫化二铈	376.46	黄	晶		5020^{11}	//							
Ce_2S_3	硫化铈	376.43	红	粉		5020^{11}			−		+			
Ce_2S_4	硫化高铈	408.48	暗黄	粉							+			
$(CN)_2S$	硫化氰	84.10		板、叶		866^{17}	60	//	++//				+	+乙醚
CoAsS	硫砷化钴	165.92		立		6200	//							
CoS	硫化钴	90.99	棕黑	针		5450^{18}	>1100		0.38^{18}mg		+			+王水
CoS_2	二硫化钴	123.05	黑	立		4269			−		+N			×王水
Co_2S_3	三硫化二钴	214.04	黑	晶		4800			−		//			
CrS	硫化亚铬	84.06	黑	粉	热空气中//	3970	1550		−		++			−硫化钾溶液
Cr_2S_3	硫化铬	200.17	棕至黑	非、粉		3770^{19}	−S 1350		−	//	+N*,王水			−碱式硫化物溶液
Cr_3S_4	四硫化三铬	284.24	灰黑	粉					−		+N;−Cl;S			
Cr_5S_6	六硫化五铬	452.54	黑棕	晶		4260			−	−				
CS	一硫化碳	44.08	红	粉晶	无臭无味	1660	//		−		−松节油	−苯	−	+乙醚、CS_2
CS_2	二硫化碳	76.13	无	液	易燃有毒　1.630	1263^{20}	−108.6	46.2	表14.1.11				∞	∞乙醚
$CSCl_2$	硫光气	114.97	红	液	刺激	1508^{15}		73.5	//		÷Cl*		//	+乙醚
CSSe	硫硒化碳	123.04	黄	液		1980	−85	84.5	−	−			÷	+CS_2
CSTe	硫碲化碳	171.69	黄红	液		2900^{-50}	−54	//						+CS_2、苯
$Cs_2S \cdot 4H_2O$	硫化铯·4水	369.95	白		～				+++	+++				

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况: 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Cs_2S_2	二硫化二铯	329.95	深红	无	～		460	>800	+	+				
$Cs_2S_2 \cdot H_2O$	二硫化二铯·1水	347.98		晶					+	+				
Cs_2S_3	三硫化二铯	362.02	橙				217	780	+					
Cs_2S_5	五硫化二铯	426.15				2806^{16}	210							
CuS	硫化铜	95.60	黑	六或单	1.450	4600	220//	∟ 103	0.000033^{10}		++N*;×S′	−	−	
$CuS \cdot H_2O$	硫化铜·1水	113.62	黑褐	无定形粉					−		+N,S,Cl′*			①
Cu_2S	硫化亚铜	159.16	灰黑	立	毒　光泽	5650	(α)1130 (β)1100		0.0005^{18}		//S;÷S*,+N	$+NH_4OH$		+KCN溶液
Cu_2S	硫化亚铜	159.16	黑	立		5600	1100		0.0005^{18}		+N	$+NH_4OH$		−丙酮
EuS	硫化亚铕	184.02	黑	晶					−		+			
FeS	硫化亚铁	87.91	黄棕色	固(或绿黑色粉)		4840	1193	//	0.0006^{18}	//	×			−液氨
$xFeS \cdot yFe_2S_3$	磁性硫化铁		灰至棕	粉	有磁性						//			
FeS_2	二硫化铁(白铁矿)	119.97	黄	正		4870	∟ 450	//	0.00049		//N			
FeS_2	二硫化铁(黄铁矿)	119.97	暗黄或黄铜色	粉立	无磁性	5000	1170	//	0.0005		//	//王水		+浓盐酸
Fe_2S_3	硫化铁	207.88	绿灰或黄	粉	无磁性	4300	//		−		//Cl、S			
Fe_3F_4	四硫化三铁	295.81		六		4550			−		+			
Fe_7S_8	八硫化七铁	647.43		六		4600^{20}	//>700		−					
Ga_2S	硫化二镓	171.50	灰			4180								
Ga_2S_3	三硫化二镓	235.65	白			3650^{25}	1250							
Ge_2S_3	硫化钆	410.69	黄			3800								
GeS	一硫化锗	104.65	红棕	斜		4010^{14}	665		0.25	÷	+Cl	+		$÷NH_4OH$;+多硫化物
GeS_2	二硫化锗	136.71	白	立	不稳定	2940^{14}	800	850	0.45	÷	−	+	−	②
$HgS(\alpha)$	硫化汞(α)	232.65	洋红至棕	六	2.854	8100	↑580		−	−	×热酸	$+K_2S$	−	$×Na_2S$、王水
$HgS(\beta)$	硫化汞(β)	232.65	黑	单		7670	↑446		−	−	/Cl*	$+K_2S$	−硫化铵	$×Na_2S$、王水
Hg_2S	硫化亚汞	433.24	黑	非、粉			//		−		−N;×发烟硝酸	+		−硫化铵、NH_4OH*
H_2S_2	二硫化二氢	66.14	黄	油	1.631	1334^{20}	−88	74.5	//			+乙醚	−	$+C_2S$、苯
H_2S_3	三硫化二氢	98.21	黄	油	1.729	1491^{20}	−53	170				+乙醚		$+C_2S$、苯

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
H_2S_4	四硫化二氢	130.26	黄	液	1.791	1582^{20}	−85	240						
H_2S_5	五硫化二氢	162.32	黄	油	1.836	1644^{20}	−50	285				+乙醚		+C_2S、苯
In_2S_3	硫化铟	325.72	黄			4900	1050				//			+$(NH_4)_2S$溶液
IrS	一硫化铱	224.28	蓝黑				//		−		−			+K_2S溶液
IrS_2	二硫化铱	256.34	棕黑				//		−		−			+K_2S溶液
Ir_2S_3	三硫化二铱	480.60	棕黑				//		÷		+N			+K_2S溶液
KHS	硫氢化钾	72.17	黄	立	～	约1690	455		++	×			+	
K_2S	硫化钾	110.26	无至浅黄	晶	～	1805^{14}	840	挥发	+	++		−乙醚	+	+NH_3、甘油
$K_2S\cdot5H_2O$	硫化钾·5水	200.34	红	斜	～		60	$-3H_3O$ 150	+				+	−乙醚;+甘油
K_2S_2	二硫化二钾	142.32	红黄				471		+	//			+	
K_2S_3	三硫化二钾	174.39	黄棕				252		+	//			+	
K_2S_4	四硫化二钾	206.45	红棕				145	//850	+				+	
K_2S_5	五硫化二钾	238.52	橙				206		++	//			+	
LaS	硫化镧	170.97				2821^{25}	400	500//						
La_2S_3	三硫化二镧	374.04	红黄	晶		4911^{11}	≈2125		−	//	+			
Li_2S	硫化锂	45.94	浅黄	立		1660			++	++			++	
MgS	硫化镁	56.36	灰黄	立	2.268	2800	//		→H_2S		+			
MnS	硫化锰	87.00	玫瑰	淀或绿、立		3900	1530		0.0006^{18}	−	+			−$(NH_4)_2S$;+乙酸
MnS_2	二硫化锰	119.06	棕黑	八或红非粉		3500	//		−	−	//			
MoS_2	二硫化钼	160.06	黑	六	4.70	4801^{14}	1185	//1370	−	−	×N,S*	−		×王水
MoS_3	三硫化钼	192.12	红至棕				//		÷	+		+		+硫化物溶液
MoS_4	四硫化钼	224.18	棕	粉			//		−	−		+	−NH_3	+硫化物溶液
Mo_2S_5	五硫化二钼	352.19	暗棕	粉					−	−				+氨水、硫化钠
NaHS	硫氢化钠	56.06	无	立	毒 ～	1790	350		+		×		+	
$Na_2Pt_3S_6$	六硫化三铂四钠	870.08	红	正			//		−	//				
Na_2S	硫化钠	78.04	粉红	非	～	1860	1180		表14.1.11		//	危4.2	÷	−乙醚

续表

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Na_2S \cdot 9H_2O$	硫化钠·9水	240.18	无	四	≈	1427	50//	//920	表14.1.11		//		+	
Na_2S_4	四硫化二钠	174.22	黄	立			275		+	+			+	
Na_2S_5	五硫化二钠	206.28	黄				251.8		+	+			+	
Nb_2OS_3	三硫氧化二铌	298.02	黑				//		−	−	−Cl;+S			÷HF
Nd_2S_3	硫化钕	384.75	橄榄绿			5179^{11}	//		−	//	+			
NH_4HS	硫氢化铵	51.11	白	斜	1.74	1170	118	↑120	128				+	−苯醚;÷丙酮
$(NH_4)_2S$	硫化铵	68.14	黄至白	晶	≈		//		++	×			+	+液氨120^{26}
$(NH_4)_2S_5$	五硫化二铵	196.38	橙至红	棱					+					
NiS	硫化镍	90.76	黄至黑	六		5480	797		0.00036^{18}	//	−稀,+浓	×KHS		×硝酸、王水
Ni_2S	一硫化二镍	149.45		晶		5520			−		+N			
Ni_3S_2	二硫化三镍	240.26	浅黄至青铜			5820^{25}	790		−		+N			
Ni_3S_4	四硫化三镍	304.33	灰黑	立		4700			−		+N			
N_2S_5	五硫化二氮	188.35	红	液或紫灰 晶		1901^{18}	11	//	−				÷	÷乙醚;+CS_2
N_4S_4	四硫化四氮	184.29	橙红	单		2220^{15}	178	↑	−	//		÷乙醚	÷	+CS_2、氯仿
OsS_2	二硫化锇	254.32	黄褐				//		÷			−		
OsS_4	四硫化锇	318.44	黑褐				//		−		+N	−		
PbS	硫化铅	239.26	黑棕	立	3.912	7500	1120	1281	0.09^{18}mg	0.012^{20}	×N,Cl′	−	−	×王水
$3PbS \cdot PbCl_2$	二氯三硫化三铅	995.95	红						−	//	−			
PbS_5	五硫化铅	367.50	血红	非	沉淀		在空气中不稳定		不稳定					
PdS	一硫化钯	138.80	黑棕				950//		−	−	+王水			−$(NH_4)_2S$溶液
PdS_2	二硫化钯	170.80	褐				//		−	−	+N			+王水
Pd_2S	一硫化二钯	245.50	灰			7300	//800		−	−				÷王水
$PSBrCl_2$	二氯一溴硫化磷	213.88	无或黄	液		2120^{0}	−30	//150	//					
$PSCl_3$	三氯硫化磷	169.42	无		~	1635	−38	125	//			−苯		+CS_2、CCl_4
$PS(NH_2)_3$	三氨基硫化磷	111.12	黄或白	无		1700^{13}	//200		÷	//			÷	÷CS_2、乙醚
P_2S_5	五硫化二磷	222.28	浅黄	三	≈	2030	280-90	514	−	//		+	×醇、酸	+$CS_2$0.22
P_4S_5	五硫化四磷	284.2	黄	单斜晶		2170	170～220		−					+CS_2
PS_2	二硫化磷	285.34	黄	针			298	$337^{1.4}$						÷CS_2
$P_2O_3S_2$	三氧二硫化二磷	348.18	无	四			102	295	//					+$CS_2$50
P_2S_3	三硫化二磷	316.32	浅黄	晶粉			290	490	//			+	+	÷CS_2;+乙醚
P_4S_3	三硫化四磷	220.08	黄	正		2030^{17}	173	408	−	//	−Cl、S;+N	$CS_2$$100^{17}$		+PCl_3、苯
P_4S_7	七硫化四磷	348.32	淡黄	晶	能燃烧	2190^{17}	310	523	/	///				+CS_2
P_4S_{10}	十硫化四磷	444.54	黄			2030	288	514	−			+		

续表

分子式	名　　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Pr_2S_3	三硫化二镨	378.04	褐			5042^{11}	//		−	//	+			
PtS	一硫化铂	227.30	黑	四		8847	//		−	−	−	+王水		+$(NH_4)_2Si$溶液
PtS_2	二硫化铂	259.37	黑或灰	针		5270	//		−	−		+王水		+$(NH_4)_2Si$溶液
$PtS_2\cdot 3PtS\cdot K_2S$	六硫化四铂二钾	1051.50	灰蓝	粉		644^{15}	//		−		//Cl			
Pt_2S_8	三硫化二铂	486.66	灰			5520	//		−		−			+王水(缓慢)
Rb_2S	硫化铷	203.03	红		≈	2912			+++					
$Rb_2S\cdot 4H_2O$	硫化铷·4水	275.09		晶	∼		$-4H_2O$ 200		+++	+++				
Rb_2S_5	五硫化二铷	331.29	红	正	∼	2618^{15}	225		//				+(70%)	−乙醚、氯仿
ReS	硫化铼	218.27				7420								
ReS_2	二硫化铼	250.33	黑	晶		7400-500					−	−		
RhS	一硫化铑	134.98	灰				//		−	−	−			−王水
Rh_2S_3	三硫化二铑	302.02	黑	片			//		−	−	−			−王水,Br_2水溶液
RuS_2	二硫化钌	165.83	灰	立		6990	//>1000					+(熔化)		
Sb_2S_3	三硫化(二)锑	339.68	黑	正	4.046	4640	550	1160	0.17^{18} mg	//	//N′,×Cl′	×	+	③
Sb_2S_5	五硫化二锑	403.80	金橙	棱或粉		4120^{20}	//75		−	−	+Cl	×	−	④
SeS	硫化硒	111.03	橙黄			3056^{0}	//		−					−乙醚;+CS_2
SiS	一硫化硅	60.13	黄	针		1853^{15}		↑$940^{2.7}$	//			+	//	
SiS_2	二硫化硅	92.19	白或灰	针					//		//N		//	−纯醇
Sm_2S_3	硫化钐	397.06	黄			5279	1900							
SnS	一硫化锡	150.76	褐黑	正		5080^{0}	880	1230	0.000002^{18}	−	+Cl	//		⑤
SnS_2	二硫化锡	182.81	金黄	三		4510		//600	0.00002	−	×Cl′,N′	$-NH_4CO_3{}'$	$\times KCO_3{}^*$	×$(NH_4)_2S$、王水
$Sr(HS)_2$	硫氧化锶	153.78	无	立	2.107		//		+	//				
SrS	硫化锶	119.68	灰白	立、粉		3700^{15}	2000		÷//	//	×	+	+	−丙酮
$SrS_4\cdot 6H_2O$	四硫化锶·6水	323.99	浅红	晶			25		+			×KOH	+	
Ta_2S_4	四硫化二钽	490.02	深灰				//>1300		−		÷Cl,N			÷HF
ThS_2	二硫化钍	296.25	黄褐	晶		6800	//		−		÷			+热王水
TiS_2	二硫化钛	112.00	黄铜	鳞晶	金属光泽						×N,S′			
Tl_2S	一硫化二铊	440.80	蓝黑	三		8400	448	//	0.022^{20}	÷	×	−		−丙酮;÷$(NH_4)_2S$
Tl_2S_3	三硫化二铊	504.92	黑	粉			260	//	−	−	×S*			−CS_2
UO_2S	硫化双氧铀	302.14	黑	四			//40～50		÷	+//	+	//	+;−纯	
US_2	二硫化铀	302.20	灰				>1100	氧化	//		+Cl′₃//N			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
U_2S_3	三硫化二铀	572.34	灰黑				着火				−Cl、N			+王水
V_2S_2	一硫化钒	166.03	黑	片	黄铜光辉	4200	//				+N、S*	−		÷KHS
V_2S_3	三硫化二钒	198.10	黑	片		4700^{21}	//				+S′*	÷		
V_2S_5	五硫化二钒	262.23	暗绿	粉		3000	//			−	+N	+		+硫化碱
V_3S	硫化三钒	184.88		晶										
WS_2	二硫化钨	247.97	深灰	六	滑腻	7500^{10}	//1250				+(N+HF)	+(熔化)		
WS_3	三硫化钨	280.12	黑	粉					÷	+		+		+硫化碱溶液
ZnS	硫化锌(钎锌矿)	97.44	白	六	2.356	4087	1850^{15k}	↑1185	0.69^{18}mg	−	++			−乙酸
ZnS	硫化锌(闪锌矿)	97.44	白	立	2.210	4102^{25}	∟1020		−	−	++			
ZnS	硫化锌	97.45	白至微黄	粒		4040	1850^{15}		−	−	++	−	−乙酸	−碱性氧化物溶液
ZrS_2	二硫化锆	155.35	钢灰	六	毒	3870	1550		−					

① 溶于氰化钠溶液，微溶于硫化铵溶液，不溶于水和硫化钠溶液。

② 不溶于乙醚；溶于 NH_4OH、$(NH_4)_2S$ 和碱金属硫化物；在王水中分解。

③ 不溶于乙酸；与 K_2S、NH_4HS、$(NH_4)_2Sn$ 溶液和王水起反应，溶于醇、硫化钾溶液。

④ 与 NH_4HS、K_2S、K_2CO_3 和 $(NH_4)_2Sn$ 溶液起反应。

⑤ 不溶于 $(NH_4)_2CO_3$、$(NH_4)_2S$；与 $(NH_4)_2Sn$ 溶液起反应。

表 14.1.2 硫化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
七硫化四磷	12037-82-0	41004		易	−	−	甲	−	R,G,T,JS,JP	4.1		
二硫化碳	75-15-0	31050	53.32(28℃)	易	−30	90	甲	1.0/60.0	W,R,T	3.1	R11;R36/38;R48/23;R62;R63	S16;S33;S36/37;S45
三硫化二磷	12165-69-4	41002		易	−	−	甲	−	R,G,T,JS,JP	4.1		
三硫化四磷	1314-85-8	41003		易	−	100	甲	−	G,T,JS,JP	4.1		
三硫化锑	1345-04-6	61506		易	−	−	甲	−	S,P,R,G,T	6.1	R36/37/38	S36/37/39
五硫化二磷	1314-80-3	43041	0.13(300℃)	易	−	141	甲	−	P,R,G,T	4.3	R11;R20/22;R29;R50	S61
五硫化锑	1315-04-4			易	−	−	甲	−	S,T,G,P,R			
硫化钠	7757-83-7	82011	−	可	−	−	−	−	W,T	8.2	R22;R36/37/38	S24/25
硫氢化钠	16721-80-5	42011		可	90	−	甲	−	W,R,G,T	4.2	R31;R34	S25;S36/37/39;S45;S50A
硫化钡	21109-95-5	82013		可	−	−	乙	−	R,G,T,JS,JP	8.2	R20/22;R31;R50	S28;S61
硫化钾	1312-73-8	82012	−	可	−	−	−	−	W,T	8.2	R31	S26
硫化镉	1306-23-6			助	※	※	乙	※	P,R,G,T		R22;R45;R48/23/25;R53;R62;R63;R68	S45;S53;S61
硫化铅	1314-87-0			助	※	※		※	W,P,R,G,T		R20/22;R33;R61;R62	S45;S53
硫化碳	463-58-1	23033	1204.23(21℃)	易	−	−	甲	12/28.5	QQ	2.3		

14.1.2 密　　度

表 14.1.3 二硫化碳的密度　　单位：kg/m^3

项　目	温度/℃										
	−110	−100	−90	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−15
液体	1432	1420	1408	1396	1383	1370	1357	1344	1331	1318	1311
蒸气										0.282	0.3252

项　目	温度/℃										
	−10	−5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
液体	1304	1298	1291	1284	1277	1270	1262	1255	1248	1241	1234
蒸气	0.409	0.4798	0.5688	0.6925	0.7721	0.8688	1.142	1.437	1.785	2.058	2.374

项　目	温度/℃										
	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
液体	1226	1219	1203	1188	1172	1156	1139	1122	1105	1087	1068
蒸气	2.942	3.149									

项　目	温度/℃									
	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
液体	1049	1029	1009	987.0	964.2	940.1	914.5	886.8	856.5	822.7

项　目	温度/℃									
	250	260	262	264	266	268	270	272	274	276
液体	783.7	736.1	724.9	713.0	700.0	685.8	670.0	651.8	630.0	601.4

表 14.1.4 硫化物水溶液的密度　　单位：g/cm^3

名称	温度/℃	浓度(质量分数)/%									
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
BaS	15		1.010	1.024	1.042	1.056	1.072	1.087	1.102	1.118	1.137
KHS	18	1.005	1.010	1.022	1.034	1.046	1.058	1.070	1.083	1.095	1.107
K_2S	18	1.009	1.017	1.033	1.049	1.066	1.083	1.100	1.018	1.036	1.054
Na_2S	18	1.010	1.021	1.044	1.067	1.091	1.115	1.139	1.163	1.188	1.214
Na_2S	20						1.101	1.122	1.142	1.162	$1.168^{16.6}$
Na_2S①	30						1.098	1.118	1.139	1.159	1.179
Na_2S②	40						1.095	1.115	1.135	1.155	1.176

名称	温度/℃	浓度(质量分数)/%									
		20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
BaS	15	1.149	1.162	1.176	1.191	1.206	1.219				
KHS	18	1.120	1.133	1.145	1.157	1.170	1.183	1.215	1.248	1.281	1.314
K_2S	18	1.073	1.159	1.211	1.238	1.250	1.270	1.320	1.372	1.432	

① 温度为 19.8℃时，其值为 1.197g/cm^3。

② 温度为 20℃时，其值为 1.216。

注：右上角数字为与其相对应的饱和溶液的浓度

表 14.1.5 硫氰化物水溶液的密度（18℃）　　单位：kg/m^3

分子式	浓度(质量分数)/%									
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
KCNS	1004	1009	1019	1029	1039	1050	1060	1071	1082	1093
NH_4CNS	1001	1003	1008	1012	1017	1022	1026	1031	1036	1040

分子式	浓度(质量分数)/%									
	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
KCNS①	1103	1115	1127	1138	1050	1162	1190	1220	1252	1285
NH_4CNS	1045	1050	1054	1059	1063	1065	1078	1088	1099	1111

① 浓度为 60%、70%时，其值分别为 1335kg/m^3 和 1431kg/m^3。

14.1.3　黏　　度

表 14.1.6　二硫化碳气体的黏度

（1）气体　　单位：μPa·s

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
η	5.836	7.778	9.605	11.35	13.03	14.65	16.23	17.78	19.29

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
η	20.77	22.23	23.66	25.07	26.46	27.83	29.19	30.53

注：临界黏度为 40.4μPa·s。

（2）液体　　单位：mPa·s

温度/℃	－100	－80	－60	－40	－20	0	20	40	60	80
η	1.64	1.12	0.826	0.641	0.517	0.431	0.368	0.321	0.284	0.255
温度/℃	100	120	140	160	180	200	220	240	260	270
η	0.232	0.213	0.197	0.184	0.160	0.139	0.119	0.101	0.084	0.076

表 14.1.7　硫化钠水溶液与水的相对黏度

浓度（质量分数）/%	温度/℃								
	10	20	35	50	65	80	100	120	145
9.65	1.74	1.66	1.67	1.55	1.53	1.24			
20.3		4.31	3.77	3.14	2.88	2.59	0.921		
24.4				4.94	—	3.44	2.81		
29.0					6.12	4.86	4.08		
45.0							8.68	5.93	4.34

14.1.4　表 面 张 力

表 14.1.8　二硫化碳的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	－100	－80	－60	－40	－20	0	20	40	60	80
σ	51.03	47.81	44.63	41.49	38.39	35.32	32.31	29.33	26.41	23.54
温度/℃	100	120	140	160	180	200	220	240	260	270
σ	20.73	17.98	15.30	12.69	10.18	7.759	6.594	4.368	2.322	0.562

表 14.1.9　其他硫化物的表面张力　　单位：mN/m

项目	温度/℃							项目	温度/℃
	0	20	50	60	500	600	700		20
CS_2-空气	35.4	32.4	27.8	26.5				CS_2-水	48.4
Tl_2S-空气					214	210	206	CS_2-汞	336

14.1.5　溶　解　度

表 14.1.10　硫化物在水中的溶解度

（1）硫化钡、硫化钠、硫化铵锑在水中的溶解度

分子式	名　称	在下列温度时(℃)无水硫化物在 100g 水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
BaS	硫化钡	2.88	4.89	7.86	8.95	10.4	14.9	21.4	27.7		49.9		60.3
Na_2S	硫化钠	12.4	15.4	18.6			29.0		310.1		49.2	57.3	
$Na_2S\cdot5.5H_2O$	硫化钠·5.5 水							39.8	42.7	45.7	51.4	59.2	
$Na_2S\cdot6H_2O$	硫化钠·6 水							36.4	310.1	43.3	49.2	57.2	
$Na_2S\cdot9H_2O$	硫化钠·9 水		15.4	18.8		22.6	28.5						
$(NH_4)_3SbS_4\cdot4H_2O$	硫化铵锑·4 水	71.2		91.2		119.8							

（2）二硫化碳在水中溶解度　　单位：%（质量分数）

温度/℃	0	6	10	15	20	25	30	35	40	45	49
CS_2	0.204	0.199	0.194	0.187	0.179	0.169	0.155	0.137	0.111	0.070	0.014

表 14.1.11　二硫化碳和有机溶剂的互溶度

（1）二硫化碳-甲醇　　单位：%（质量分数）

项　目	温度/℃							
	−18.85	6.45	26.50	28.00	30.58	31.08	33.80	34.82
二硫化碳	99.64	98.47	95.27	94.74	93.55	93.00	90.22	88.43
甲醇	0.36	1.53	4.73	5.26	6.45	7.00	9.78	11.57

项　目	温度/℃						
	35.7	35.75	35.63	35.30	34.09	33.35	30.70
二硫化碳	85.0	84.7	83.89	77.65	72.85	70.13	64.12
甲醇	15.0	15.27	16.11	22.35	27.15	29.87	35.88

项　目	温度/℃						
	28.60	27.34	13.80	−4.43	−38.37	−73.60	−100.7
二硫化碳	61.03	60.53	49.93	41.29	28.78	18.70	6.39
甲醇	38.97	39.47	50.07	58.71	71.22	81.30	93.61

（2）二硫化碳-乙醇　　单位：%（质量分数）

项　目	温度/℃					
	−20	−17.7	−16.1	−15.9	−14.4	−18.4
二硫化碳	59.58	65.11	79.96	84.89	89.54	94.94
乙醇	40.42	34.89	20.04	15.11	10.46	5.06

（3）二硫化碳-乙腈　　单位：%（质量分数）

项　目	温度/℃											
	3.2	20.0	22.0	38.0	48.5	51.5	51.5	51.5	51.5	49.0	30.0	12.5
二硫化碳	26.9	29.0	30.3	35.6	42.5	57.8	62.5	71.5	75.2	83.7	94.3	97.5
乙腈	73.1	71.0	69.7	64.4	57.5	42.2	37.5	28.5	24.8	16.3	5.7	2.5

（4）二硫化碳-丙酮　　单位：%（质量分数）

项　目	温度/℃						
	−72	−52	−43.5	−42.5	−42.5	−45.0	−55
二硫化碳	78.4	61.8	51.4	46.0	41.2	28.7	14.8
丙酮	21.6	38.2	48.6	54.0	58.8	71.3	85.2

（5）二硫化碳-硝基甲烷　　单位：%（质量分数）

项　目	温度/℃											
	18.5	19.5	26.5	33.6	58.5	63.4	63.5	63.5	61.5	57.7	43.0	22.5
二硫化碳	14.5	15.0	16.0	17.0	27.5	42.4	55.0	62.7	78.4	84.1	92.2	95.5
硝基甲烷	85.5	85.0	84.0	83.0	72.5	57.6	45.0	37.3	21.6	15.9	7.8	4.5

注：二硫化碳在甲酸中的溶解度（25℃）为 4.45%（质量分数）。

表 14.1.12　三硫化四磷的溶解度　　单位：%（质量分数）

项　目	二硫化碳			苯		甲苯	
	−20℃	0℃	17℃	17℃	80℃	17℃	110℃
三硫化四磷	10.0	21.2	50.0	2.4	10.0	3.0	13.4
五硫化二磷	0.083	0.182	0.222				

表 14.1.13　硫氰化物在水中的溶解度

分子式	名称	在下列温度时(℃)100g 水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
KSCN	硫氰化钾	177	196	218	239	255	290	325	372	420	488	575	674
NH_4SCN	硫氰化铵	120	144	170	190	208		235		347			

表 14.1.14　硫氰化物在有机溶剂中的溶解度（18～25℃）

分子式	名称	溶剂			
		乙醇	甲醇	丙酮	吡啶
KSCN	硫氰化钾			20.8	6.15
NaSCN	硫氰化钠	20	35	7	
NH_4SCN	硫氰化铵	23.5	59.0		

注：硫氰化钾的熔融热为 9.42kJ/mol；硫氰化钠的熔融热为 18.63kJ/mol。

14.1.6　沸　　点

表 14.1.15　二硫化碳与其他组分的二元共沸点

组分	共沸混合物						
化合物	沸点/℃	共沸点/℃	组成(质量分数)/% 在共沸混合物中	组成(质量分数)/% 上层液体	组成(质量分数)/% 下层液体	每层液体的相对容积(20℃)	密度/(g/cm³)
CS_2 1,1-二氯乙烷	46.2 57.2	46.0	94.0 6.0				均相
CS_2 异丙酮	46.2 82.3	44.6	92.0 8.0				1.202
CS_2 甲醇	46.2 64.65	37.7	86.0 14.0	50.8 49.2	97.2 2.8	上层 26.3 下层 73.7	上层 0.979 下层 1.261
CS_2 丁酮	46.2 79.6	45.9	84.7 15.3				1.157
CS_2 α-甲基 2-丙醇	46.2 82.2	45.3	94.0 6.0				1.219
CS_2 氯丙烷	46.2 46.6	45.2	55.0 45.0				均相
CS_2 水	46.2 100.0	43.6	98.0 2.0	0.29 99.71	99.99 0.01	上层 2.3 下层 97.7	上层 1.001 下层 1.265

表 14.1.16　二硫化碳与其他组分的三元共沸点

化合物	沸点/℃	共沸点/℃	组成(质量分数)/%	密度/(g/cm³)	化合物	沸点/℃	共沸点/℃	组成(质量分数)/%	密度/(g/cm³)
二硫化碳 甲醇 乙酸甲酯	46.2 64.65 57.0	37.0		均相	CS_2 二乙醚	46.2 34.6	34.4	1.0 99.0	0.719
二硫化碳 乙醇 水	46.2 78.5 100.0	41.3	93.4 5.0 1.6	均相	CS_2 甲酸乙酯	46.2 54.3	39.4	63.0 37.0	
CS_2 乙酸乙酯	46.2 77.06	46.1	97.0 3.0	1.249	CS_2 乙酸甲酯	46.2 57.0	40.2	70.0 30.0	1.126

14.1.7 蒸 气 压

表 14.1.17 硫化物的蒸气压（压强变量）

名 称	分子式	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃						
二硫化二氢	HSSH	−45.8	−39.0	−31.0	−23.8	−19.2	−9.8	0.8
二硫化三碳	C_3S_2	9.9	20.4	32.0	42.1	49.0	62.8	78.2
二硫化碳	CS_2	−76.5	−69.4	−61.1	−53.7	−48.9	−310.1	−28.0
硫化汞	HgS	328	343	360	375	385	408	433
硫化氢	H_2S	−135.6	−131.8	−126.8	−122.1	−119.0	−112.9	−106.0
硫化镉	CdS	864	905	940	970	992	1040	1088
硫化铅①	PbS	840	870	903	931	955	992	1028
硫代三氯化磷	$PSCl_3$	−21.6	−13.0	−3.3	5.3	11.1	23.2	36.4
硫代三溴化磷	$PSBr_3$	46.8	55.1	64.7	73.1	78.8	90.1	102.2
硫化锌②	ZnS	1012	1105	1140	1176	1203	1255	

名 称	分子式	7	10	20	40	70	101.3	熔 点
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃						/℃
二硫化二氢	HSSH	10.1	16.3	28.8	43.2	55.5	64.0	−89.7
二硫化三碳	C_3S_2	92.1	101.6	121.1				0.4
二硫化碳	CS_2	−18.2	−11.3	3.0	20.2	35.6	46.5	−110.8
硫化汞	HgS	457	472	502				
硫化氢	H_2S	−99.8	−95.6	−87.2	−76.7	−67.2	−60.4	−85.5
硫化镉	CdS	1130	1159	1215				
硫化铅①	PbS	1065	1088	1136	1194	1244	1281	1114
硫代三氯化磷	$PSCl_3$	48.3	56.5	73.4	93.4	111.3	124.0	−36.2
硫代三溴化磷	$PSBr_3$	112.9	120.0	134.4	150.7	164.9	175.0	38

名 称	分子式	200	400	700	1000	1500	2000	2500
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃						
二硫化碳	CS_2	69.0	95.6	119.5	135.7	158.5	174.8	189.0

名 称	分子式	3000	3500	4000	5000	6000	临 界 值	
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃					t_c/℃	p_c/MPa
二硫化碳	CS_2	200.7	212.0	221.8	239.0	254.9	273.0	7.38

① 当其蒸气压强为 0.01kPa、0.02kPa、0.04kPa、0.07kPa 时，其值分别为 745℃、772℃、805℃和 825℃。

② 表中数值分别对应于就的蒸气压为 0.01kPa、0.02kPa、0.04kPa、0.07kPa、0.1kPa 和 0.2kPa。

表 14.1.18 二硫化碳的蒸气压（温度变量）

温度/℃	−40	−20	0	20	40	60	80	100	120
p /kPa	1.854	6.189	16.92	39.67	82.39	155.3	276.1	454.9	709.4

温度/℃	140	160	180	200	220	240	260	270
p /kPa	1057	1515	2104	2849	3774	4914	6308	7118

14.1.8 比 热 容

表 14.1.19 二硫化碳气体的比热容　　单位：J/(mol·K)

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
c_p	40.85	43.38	45.64	47.65	49.4	50.91	52.25	53.38	54.39

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
c_p	55.22	55.94	56.56	57.07	57.57	57.99	58.36	58.78

表 14.1.20　二硫化碳液体的比热容　　　单位：J/(mol・℃)

温度/℃	−100	−90	−80	−70	−60	−50	−40	−30	−20	−10	0	10	20
c_p	75.36	75.36	75.36	75.40	75.45	75.53	75.66	79.93	75.82	75.91	75.95	75.99	76.07

表 14.1.21　其他硫化物的比热容　　　单位：kJ/(kg・K)

名　称	温度/K												
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
硫化铜		0.1937	0.2242	0.2428	0.2734	0.2994	0.3172	0.3352	0.3541	0.3767	0.4080	0.4108	0.4272
二硫化三镍①	0.0779	0.1125	0.1464	0.1802	0.2118	0.2421	0.2696	0.2948	0.3177	0.3382	0.3565	0.3731	0.3877
硫化铈②	0.1134	0.1352	0.1545	0.1707	0.1852	0.1986	0.2100	0.2199	0.2291	0.2370	0.2441	0.2501	0.2551
名　称	温度/K												
	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
硫化铜	0.4436	0.5068	0.4618	0.4417	0.4601	0.4623	0.4669	0.4826	0.5083	0.5234	0.5098	0.4861	0.5388
二硫化三镍	0.4007	0.4123	0.4228	0.4330	0.4415	0.4493	0.4570	0.4636	0.4693	0.4764	0.4828	0.4854	0.4923
硫化铈	0.2597	0.2637	0.2673	0.2707	0.2736	0.2764	0.2789	0.2812	0.2834	0.2853	0.2868	0.2889	0.2925
硫化汞													0.1997
名　称	温度/K												
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100	1200
硫化铈	0.3076	0.3153	0.3229	0.3305	0.3380	0.3456	0.3533	0.3610	0.3687	0.3837	0.3991	0.4141	0.4296
硫化汞	0.2062		0.2128		0.2194		0.2259		0.2325				

① 试件成分为 73.14%Ni，其制备过程是：将纯的氧化镍与硫黄混合，在 200～525℃下反复加热，直到硫黄含量稍低于理论值为止。

② 300K 之前试件成分为 81.40%Ce 和 18.56%S。300K 之后试件中有微量 Cd 和 Mg。

表 14.1.22　硫化亚铁的比热容　　　单位：J/(mol・K)

名　称	温度/K											
	20	40	60	80	100	150	200	250	298.2	400	500	600
硫化亚铁	1.10	6.69	14.20	20.90	26.63	36.12	43.01	47.11	50.54			
二硫化钼	1.17	4.69	10.29	17.03					63.72	69.54	75.10	80.75

14.1.9　热　导　率

表 14.1.23　二硫化碳的热导率

（1）气体　　　单位：mW/(m・K)

温度/K	200	250	300	350	400	450	500	550	600
λ	5.021	6.569	8.284	10.04	11.88	13.77	15.69	17.66	19.66

温度/K	650	700	750	800	850	900	950	1000
λ	21.59	23.47	25.31	27.07	28.79	30.42	32.01	33.56

（2）液体

温度/℃	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80
λ	170.7	165.7	160.2	155.2	149.8	144.3	138.5	132.6	126.8	120.5
温度/℃	100	120	140	160	180	200	220	240	260	270
λ	114.2	107.9	100.8	93.72	86.19	77.82	69.04	58.99	46.86	39.29

表 14.1.24 硫化镧的热导率 单位：W/(m·K)

温度/K	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450
λ	20.28	20.80	21.24	22.11	22.86	23.90	24.05	25.51	26.59	27.87	27.73	29.84	29.69

注：试件为具有离子-金属型结合键的 NaCl 型化合物。这种化合物粉末在 800MPa 压力下压成型，在低于 1.3mPa 的真空中、在 1600～1800℃下烧结时间 1～2h。电阻率为 1.70～5.29μΩ。测试在真空中进行。

表 14.1.25 硫化铈的热导率 单位：W/(m·K)

温度/K	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550
λ	2.022	1.976	1.909	1.807	1.648	1.465	1.779	1.929	1.634	1.118	1.007	1.307	1.565

14.1.10 比焓、熔融热和汽化热

表 14.1.26 二硫化碳的比焓 单位：kJ/kg

名称	温度/℃														
	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
液体	−23.2	−16.33	−10.52	−5.263	0	5.291	9.855	16.03	21.73	25.92	30.01	34.79	39.65	43.85	47.13
蒸气	361.9	367.5	370.6	373.3	376.7	379.7	381.8	386.3	389.8	391.5	392.9	395.0	397.4	3910.1	399.9

表 14.1.27 二硫化碳的汽化热

(1) 单位：kJ/kg

温度/℃	−20	−15	−10	−5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
r	385.1	383.8	381.1	378.6	376.6	374.4	371.9	370.2	368.0	365.6	362.9	360.3	357.8	355.3	352.8

(2) 单位：kJ/mol

温度/℃	−100	−80	−60	−40	−20	0	20	40	60	80	100	120
r	32.13	31.48	30.81	30.11	29.39	28.64	27.85	27.02	26.15	25.23	24.24	23.19
温度/℃	140	160	180	200	210	220	230	240	250	260	270	276
r	22.05	20.80	19.41	17.83	16.95	15.98	14.90	13.67	12.23	10.43	7.854	5.133

表 14.1.28 其他硫化物的熔融热和汽化热 单位：kJ/mol

名 称	熔融热	汽化热	名 称	熔融热	汽化热	名 称	熔融热	汽化热
CS_2	4.392	表 14.1.2	H_2S	2.377	18.69	P_2S_5	41.10	
COS	4.728		H_2S_2	7.558	31.39	PbS	17.38	(209.4)
Cu_2S	23.03		Na_2S	66.944		ZnS	(37.68)	
FeS	20.94		NiS	12.48				

14.1.11 其 他

表 14.1.29 二硫化碳的临界常数和偏心因子

名 称	分子式	t /℃	p /kPa	ρ /(kg/m³)	v /(cm³/mol)	z	α	ω
二硫化碳	CS_2	279	7900	418	170	0.293	6.17	0.115

表 14.1.30　氧硫化碳和五硫化二磷的临界值

物料名	分子式	临界温度/K	临界压力/Pa	临界体积/(L/mol)	临界压缩因子
氧硫化碳	COS	378.8	6349000	0.1351	0.272
五硫化二磷	P_2S_5	1291	23200000	—	—

表 14.1.31　硫化物的三相点

项目	物料名			
	二硫化碳	氧硫化碳	硫化钠	五硫化二磷
三相点温度/K	161.11	134.3	1223	561.15
三相点压力/Pa	1.4944	59.321	—	415.46

表 14.1.32　硫化物的偏心因子

物料名	二硫化碳	氧硫化碳	五硫化二磷
偏心因子	0.110697	0.0970119	0.593557

14.1.12　质量指标

表 14.1.33　工业硫化钠的质量指标（GB/T 10500—2009）

项目		指标				
		1类(普通)			2类(低铁)	
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品
硫化钠(Na_2S)(质量分数)/%	⩾	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
亚硫酸钠(Na_2SO_3)(质量分数)/%	⩽	1.0	—	—	—	—
硫代硫酸钠($Na_2S_2O_3$)(质量分数)/%	⩽	2.5	—	—	—	—
铁(Fe)(质量分数)/%	⩽	0.0020	0.0030	0.0050	0.015	0.030
水不溶物(质量分数)/%	⩽	0.05	0.05	0.05	0.15	0.20
碳酸钠(Na_2CO_3)(质量分数)/%	⩽	2.0	—	—	3.5	—
外观		黄色或红褐色块状、片状和粒状				

用途：广泛用于制革、造纸、选矿、染料生产，有机中间体、印染、制药、味精、人造纤维、特种工程塑料、聚苯硫醚、聚碱橡胶，还用作制硫氢化钠、多硫化钠、硫代硫酸钠等。

表 14.1.34　工业硫氢化钠的质量指标（HG/T 3687—2000）

项目		指标				
		固体			液体	
		优等品	一等品	合格品	1种	2种
硫氢化钠(NaHS)(质量分数)/%	⩾	70	68	55	36	28
硫化钠(Na_2S)(质量分数)/%	⩽	4.0	5	—	1.0	1.2
铁(Fe)(质量分数)/%	⩽	协议	协议	协议	协议	协议
外观		黄色、橙黄色、棕、灰褐色块状、片状和粒状			淡黄色、绿黄色或橙红色	

用途：染料工业用于合成有机中间体和制备硫化染料的助剂。制革工业用于生皮的脱毛及鞣革和废水处理；化肥工业用于脱去活性炭脱硫剂中的单体硫；是制造硫化铵及

农药乙硫醇半成品的原料。采矿工业大量用于铜矿选矿。人造纤维生产中用于亚硫酸染色等方面。

表 14.1.35 工业硫氢化钠的质量指标（GB 23937—2009）

项目	指标				
	固体		液体		
	优等品	一等品	L-1	L-2	L-3
硫氢化钠(NaHS)(质量分数)/% ≥	70.0	70.0	42.0	36.0	28.0
硫化钠(Na_2S)(质量分数)/% ≤	3.0	4.0	1.0	1.0	1.0
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0015	0.0020	协议	协议	协议

表 14.1.36 工业二硫化碳的质量指标（GB/T 1615—2008）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
馏出率(45.6～46.6℃,101.32kPa 下)/% ≥	97.5	97.0	96.0
密度(20℃)/(g/mL)	1.252～1.265	1.262～1.267	1.262～1.267
不挥发物(质量分数)/% ≤	0.005	0.007	0.01
碘还原物(以 H_2S 计)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0005	0.0008
硫酸盐	通过检验	—	—
游离酸	通过检验	—	—
硫及其他硫化物	通过检验	—	—
外观	无色、不含悬浮物的透明液体		

用途：用于生产四氯化碳（与氯气作用）和橡胶促进剂 M、D，也用以生产高含量不溶性硫黄，在生产油脂、蜡、树脂、橡胶和硫黄等产品时的溶剂。还用于制造黏胶纤维、玻璃纸、农业杀虫杀菌剂、选矿剂等产品，以及用作羊毛去脂剂等。

表 14.1.37 二硫化钼的质量指标（GB/T 23271—2009）

牌号	主含量(质量分数)/%	杂质元素(质量分数)/%							
	MoS_2	总不溶物	Fe	Pb	MoO_3	SiO_2	H_2O	酸值(以 KOH 计)/(mg/g)	含油量(丙酮萃取)
	≥	≤							
$FMoS_2$-1	99.50	—	0.01	0.02	—	0.001	0.10	0.50	—
$FMoS_2$-2	99.00	0.50	0.15	0.02	0.02	0.10	0.20	0.50	0.50
$FMoS_2$-3	98.50	0.50	0.15	0.02	0.02	0.10	0.20	0.50	0.50
$FMoS_2$-4	98.00	0.65	0.30	0.02	0.02	0.20	0.20	0.50	0.50
$FMoS_2$-5	96.00	2.50	0.70	0.02	0.02	—	0.20	1.00	0.50

项目	指标	项目	指标
焦亚硫酸钾($K_2S_2O_5$计)(质量分数)/% ≥	93.0	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	5
澄清度	通过实验	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	2
铁(Fe)/(mg/kg) ≤	10	硒(Se)/(mg/kg) ≤	5
砷(As)/(mg/kg) ≤	2		

注：$FMoS_2$-1 主要用于催化剂或催化剂原料。$FMoS_2$-2、$FMoS_2$-3、$FMoS_2$-4、$FMoS_2$-5 主要用于固体润滑剂、润滑剂添加剂、摩擦改进剂及制造钼金属化合物等。

表 14.1.38 工业二硫化钼的质量指标（HG/T 3256—2001）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
二硫化钼含量(质量分数)/%	≥	98.0	97.0	96.0
总不溶物(质量分数)/%	≤	1.00	1.50	2.50
水分(质量分数)/%	≤	0.50	0.70	1.00
铁(Fe)含量(质量分数)/%	≤	0.30	0.50	0.70
外观		黑色或稍带银灰色极细粉末		

用途：在机械和动力业中是良好的固体润滑材料；可作为润滑油（脂）的添加剂和有色金属的脱膜剂和锻模润滑剂。

表 14.1.39 高纯二硫化钼的质量指标（HG/T 3929—2007）

项目		指标	
		一等品	合格品
二硫化钼(MoS_2)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0
三氧化钼(MoO_3)(质量分数)/%	≤	0.05	0.10
水分(质量分数)/%	≤	0.10	0.20
总不溶物(质量分数)/%	≤	—	0.40
水溶物(质量分数)/%	≤	—	0.10
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.05	—
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.05	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.01	0.10
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.01	—
镍(Ni)(质量分数)/%	≤	0.01	—
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.01	—
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.01	—
硅(Si)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
含油量(质量分数)/%	≤	—	0.30
细度(平均粒径)/μm	≤	5	5
腐蚀试验(T3铜片,100℃,3h)		—	合格

用途：适用于制造钼化合物、固体润滑剂、各种润滑剂的添加剂等。

表 14.1.40 高纯二硫化钼的质量指标（Q/JDC 031—2002）

项目		指标		
		试剂品	特级品	一级品
二硫化钼(MoS_2)(质量分数)/%	≥	99.0	98.5	98.0
总不溶物量(质量分数)/%	≤	0.5	0.5	0.65
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.25
三氧化钼(MoO_3)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.25
酸值/(mg KOH/g)	≤	—	2.0	3.0
水分(H_2O)(质量分数)/%	≤	0.15	0.2	0.3
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%	≤	0.10	0.10	0.20
平均粒度/μm	≤	—	1.0	1.5
腐蚀试验(T3铜片,100℃,24h)		合格	合格	合格
外观		铅灰色粉末	铅灰色粉末	铅灰色粉末

注：其他指标如含油量、含碳量等可根据用户要求提供。

表 14.1.41 工业五硫化二磷的质量指标（GB 13258—2008）

项目		指标		
		优级品	一级品	合格品
外观	粉状品	黄色	黄至黄绿色	黄绿至灰黄色
	片状品	黄色	黄至黄绿色	暗黄至深绿色
磷(P)(以P计)(质量分数)/%		27.6～28.2	27.3～28.3	26.7～28.6
硫(S)(以S计)(质量分数)/%		71.7～72.3	71.0～72.5	70.0～73.0
终熔点/℃ ≥		276	274	273
熔距/℃ ≤		2	3	3
升华后残余物(质量分数)/% ≤		0.25	0.40	0.60
铁(以Fe计)(质量分数)/% ≤		0.004	0.01	—
醇试验	二乙基二硫代磷酸得率/% ≥	85	85	85
	二异丁基二硫代磷酸得率/% ≥	95	92	90
粒度或片厚	粉状品(850μm)标准筛筛余物/% ≤	2	2	2
	片状品片厚/mm ≤	0.5	0.5	0.5

用途：是农药合成的重要原料，还用作有色金属选矿剂、高级润滑油添加剂、医药制品和橡胶硫化辅助剂等。

表 14.1.42 硫化汞的质量指标（GB 3631—83）

项目	指标		项目	指标	
	一级品	二级品		分析纯	化学纯
硫化汞/% ≥	99.00	98.00	Fe/% ≤	0.10	0.10
Se/% ≤	0.050	0.100			
外观	α体为红色六方结晶或粉末，β体为黑色立方晶体或无定形粉末				

用途：用于油画颜料、印泥及朱红雕刻漆器等。

表 14.1.43 硫化锑的质量指标（GB 5236—91）

项目	指标				
	锑总量/%	化合硫/%	王水不溶物/% ≤	游离硫/% ≤	三硫化二砷/% ≤
Sb_2S_3-0	71.00～72.50	25.50～28.00	0.20	0.05	0.20
Sb_2S_3-1	70.00～73.00	25.00～28.30	0.30	0.07	0.30
Sb_2S_3-2	69.00～73.00	25.00～28.30	0.50	0.10	0.30
外观	深灰色针状晶体，不应含有肉眼可见夹杂物				

注：特殊用途的“-0”和“-1”号硫化锑的“盐酸不溶物”应不大于1.50%。

用途：广泛用于军工火药、玻璃橡胶、火柴烟花、摩擦器材等方面作为添加剂或催化、防潮剂与热稳定剂，以及替代氧化锑做阻燃协效剂。

表 14.1.44 三硫化二锑的质量指标（YS/T 525—2009） 单位：%

牌号	锑	化合硫	王水不溶物	游离硫≤	铁≤	铅≤	砷≤
Sb_2S_3-0	71.00～72.50	25.50～28.00	0.10	0.01	0.12	0.010	0.06
Sb_2S_3-1	70.00～73.00	25.00～28.30	0.15	0.03	0.15	0.015	0.12
Sb_2S_3-2	69.00～73.00	25.00～28.30	0.30	0.05	—	0.020	0.12
外观	深灰色针状结晶，无可辨杂物						

注：特殊用途的 Sb_2S_3-0、Sb_2S_3-1 的盐酸不溶物应≤1.50%。

用途：广泛用于军工火药、玻璃橡胶、火柴烟花、摩擦器材等方面作为添加剂或催化、防潮剂与热稳定剂，以及替代氧化锑做阻燃协效剂。

14.2 硫 酸 盐

14.2.1 物 性 总 览

表 14.2.1 硫酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$AgHSO_4$	硫酸氢银	204.94	淡黄	棱					//		+S			
Ag_2SO_3	亚硫酸银	295.80	白	晶或淀			//100		÷÷		//强酸	++NH_4OH	−H_2SO_3	++亚硫酸盐溶液
Ag_2SO_4	硫酸银	311.80	白	斜或六	1.775	5450[30]	657	// 1085	表 14.2.21		+N、S′	+NH_4OH	−	+NH_4CO_3
$Ag_2S_2O_6 \cdot 2H_2O$	连二硫酸银·2水	411.92		正	1.662	3610								
$Al_2O_3 \cdot SO_2 \cdot 4H_2O$	碱式亚硫酸铝·4水	238.08	白	粉					−		+亚硫酸			
$xAl_2O_3 \cdot ySO_3 \cdot zH_2O$	碱式硫酸铝		白	非、粉					−					
$Al_2(SO_4)_3$	硫酸铝	342.14	白	晶	1.47	2710	// 770		表 14.2.21		+		÷÷	
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	硫酸铝·9水	504.28	白						表 14.2.21					
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	硫酸铝·18水	666.40	白或黄白	晶	酸 苦味	1690[17]	// 86	−18H_2O 250	表 14.2.21		−S′		−	①
$Au_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$	硫酸金·1水	700.13	红紫		～				+	//	+Cl、S			
$Ba(HSO_4)_2 \cdot 2H_2O$	硫酸氢钡·2水	367.49		针			100		//				//	
$BaSO_3$	亚硫酸钡	217.39	白	四或六			//		0.02[20]	0.0018[80]	+Cl		+	+H_2SO_3
$BaSO_4$	硫酸钡	233.40	无	斜	1.636	4499[15]	1149	1580 //	表 14.2.21		+S*′发烟硫酸；−Cl、N			+3%盐酸 0.006
$BaS_2O_6 \cdot 2H_2O$	连二硫酸钡·2水	333.52	无	正、单	1.595	4536[14]			24.8[18]	90.9			−	
$BaS_2O_8 \cdot 4H_2O$	过二硫酸钡·4水	401.55		棱					52.2				−	
$BeSO_4$	硫酸铍	105.07	无	四	1.440	2443	550 //	// >550	表 14.2.21				−	
$BeSO_4 \cdot 4H_2O$	硫酸铍·4水	177.15	无	正	高毒 1.472	1713[10]	−4H_2O 270	// 580	100[25]	537			−	−丙酮
$BiH(SO_4)_2 \cdot 3H_2O$	硫酸氢铋·3水	456.16	白	粉					−		++			
$2Bi_2O_3 \cdot 3SO_2 \cdot 5H_2O$	碱式亚硫酸铋·5水	1214.18							−		÷亚硫酸		−	
$xBi_2O_3 \cdot ySO_3 \cdot zH_2O$	碱式硫酸氢铋水		白	晶或非、粉					−		+S、N			
$Bi_2(SO_4)_3$	硫酸铋	706.14	白	针粉	≈	6820	710		×	//	+		//	+稀盐酸或稀硝酸
$Ca(HSO_3)_2$	亚硫酸氢钙	202.24	淡黄	仅存溶液中					+		+			
$Ca(HSO_4)_2$	硫酸氢钙	234.21	无或白	棱					//					
$CaSO_3 \cdot 2H_2O$	亚硫酸钙·2水	156.17	白	晶	1.595		−2H_2O 100	// 650	表 14.2.21		+H_2SO_3			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CaSO_4$	硫酸钙	136.14	无	单	1.500	2960	−1420 //	∟ 1193→斜	表 14.2.21		÷Cl,N;+S′*	+甘油	−	$+Na_2S_2O_3$;铵盐
$CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	硫酸钙·$\frac{1}{2}$水	145.15	白	单或三		约 2690	$-\frac{1}{2}H_2O$ 103		0.3^{20}	÷	+			②
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	硫酸钙·2水	172.17	白	单	1.523	2320	$-1.5H_2O$ 128	$-2H_2O$ 163	表 14.2.21		+	+甘油		$+Na_2S_2O_3$;铵盐
$CaS_2O_6 \cdot 4H_2O$	连二硫酸钙·4水	272.27		晶	1.552	2180	$-4H_2O$ 78 // 110		16	30^{30}			−	−丙酮
$2CdO \cdot SO_3 \cdot 2H_2O$	碱式硫酸镉·2水	372.91		晶、鳞					÷÷	÷				
$CdSO_3$	亚硫酸镉	192.47	白	晶、团或非、粉			受热 //		÷		+		−	$+NH_4OH$
$CdSO_3 \cdot 2H_2O$	亚硫酸镉·2水	228.50	银光	晶					÷		+亚硫酸	$+NH_4OH$	−	
$CdSO_4$	硫酸镉	208.46	无	斜	～	4691^{24}	1130		表 14.2.21				−甲、乙	−丙酮、液氨
$CdSO_4 \cdot H_2O$	硫酸镉·1水	226.49	无	单		3786^{20}	∟ 108		表 14.2.21				−	
$CdSO_4 \cdot \frac{8}{3}H_2O$	硫酸镉·$\frac{8}{3}$水	256.50	无	单	1.565	3090	∟ 41.5	$-\frac{8}{3}H_2O$ 低红热	表 14.2.21				−	
$CdSO_4 \cdot 4H_2O$	硫酸镉·4水	280.53	无			3050			+	+			−	
$CdSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸镉·7水	334.58	无	单		2480	∟ 4.0		0.0035				−	
$CdS_2O_6 \cdot 6H_2O$	连二硫酸镉·6水	380.64		晶		2272^{20}	//							
$Ce(SO_4)_2$	硫酸高铈	332.24	黄	晶		3910^{18}		// 195	+ /		+S			
$Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	硫酸高铈·4水	404.30	黄	正		3910			+ //		+S			
$Ce_2(SO_4)_3$	硫酸铈	568.40	白	单、正	～	3910	// 1000		19.0	0.43				
$Ce_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$	硫酸铈·5水	658.50	白	单		3170				3.9^{50}				
$Ce_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸铈·8水	712.53	无	三或单		2886^{17}	$-8H_2O$ 630		25.0	7.6^{40}				
$Ce_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	硫酸铈·9水	730.58	白	六、针		2831			11.9^{15}					
$Ce_2(S_2O_6)_3 \cdot 15H_2O$	连二硫酸铈·15水	1030.89		晶	1.507	2288								
$xCoO \cdot ySO_2 \cdot zH_2O$	碱式亚硫酸钴·z水			粒					//					
$xCoO \cdot ySO_3 \cdot zH_2O$	碱式硫酸钴·z水		蓝	粉或晶					−					
$CoSO_3 \cdot 5H_2O$	亚硫酸钴·5水	229.07	红	粉、粒					−		$+H_2SO_3$			
$CoSO_4$	硫酸钴	155.00	红	粉	～	③	// 880		表 14.2.21		+亚硫酸			
$CoSO_4 \cdot H_2O$	硫酸钴·1水	173.02	红	粉	1.639	3130	//		73.8^{80}	83.9				−液氨;+甲醇 1.04^{18}
$CoSO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸钴·6水	263.09	红	单	1.531	2015^{15}	$-2H_2O$ 95			55^{60}				
$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸钴·7水	281.10	桃红	单斜	1.483	1948^{25}	96.8	$-7H_2O$ 420	表 14.2.21				2.5^{3}	+甲醇 54.5^{15}
$Co_2(SO_4)_3$	硫酸高钴	406.06	蓝	晶					//	//	+S			
$Co_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	硫酸高钴·18水	730.33	蓝绿	晶、粉					+ //	//	+			+乙酸
$CrSO_3$	亚硫酸亚铬	132.06	红	粉			$-SO_2$ 250		−					
$CrSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸亚铬·7水	274.18	蓝	晶	吸氧				12.35				÷	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
$Cr_2(SO_3)_3$	亚硫酸铬	344.18	绿白	非、粉		2200	//		—		+			
$Cr_2(SO_4)_3$	硫酸铬	392.18	玫瑰	粉		3012			—		—	//沸	÷	—王水,NH_4OH
$Cr_2(SO_4)_3\cdot\frac{1}{2}H_2SO_4$	酸式硫酸铬·$\frac{1}{2}$水	441.21	红	粉					—		—			
$Cr_2(SO_4)_3\cdot 5H_2O$	硫酸铬·5水	482.28	绿	无					+		+S		+	
$Cr_2(SO_4)_3\cdot 6H_2O$	硫酸铬·6水	500.28	绿	非、团					+		++S′		++	
$Cr_2(SO_4)_3\cdot 15H_2O$	硫酸铬·15水	662.40	紫	无		1867^{17}	100	$-10H_2O$ 100	+	// 67			÷	
$Cr_2(SO_4)_3\cdot 18H_2O$	硫酸铬·18水	716.44	蓝紫	立	1.564	1700^{22}		$-12H_2O$ 100	120^{20}	+ //			+	
$Cr_2O_3\cdot\frac{3}{2}SO_2\cdot 8H_2O$	碱式亚硫酸铬·8水	368.22	淡绿	非、粉					—					
$CsHSO_4$	硫酸氢铯	229.99		正		3352^{16}	//		+					
Cs_2SO_4	硫酸铯	361.87	无	单或六	1.566	4240^{20}	1010		表14.2.21				—	—丙酮
$8CuO\cdot SO_3\cdot 12H_2O$	碱式硫酸氢铜·12水	932.65	苹果绿	非、粉			$-6H_2O$ 149	$-12H_2O$ 260	—	—	+			
$xCuO\cdot ySO_2\cdot zH_2O$	碱式亚硫酸铜·z水		红黄	非、粉					÷	//				
$Cu(NH_3)_4SO_4\cdot H_2O$	硫酸四氯铬铜·1水	245.74	蓝	正		1810	// 150		18.5^{22}	//			—	
$CuSO_4$	硫酸铜	159.58	灰白	正	1.733	3605^{15}	// >600	→CuO 650	表14.2.21			+	—	+甲醇 1.0^{18}
$CuSO_4\cdot 5H_2O$	硫酸铜·5水	249.68	蓝	三	1.537	2286^{16}	$-4H_2O$ 110	$-5H_2O$ 250	表14.2.21		+Cl;÷S′		1.1^{0}	—乙醚;+甲醇 15.6^{18}
$Cu_2SO_3\cdot H_2O$	亚硫酸亚铜·1水	225.18	砖红	长方棱晶		3830^{15}			÷	—	+Cl	+NH_4OH	—	—乙醚
$Cu_2SO_3\cdot CuSO_3\cdot 2H_2O$	亚硫酸亚铜·2水	386.80	洋红或暗红	晶			高温时 //		—	//	+Cl	+NH_4OH		+亚硫酸
$Cu_2SO_3\cdot CuSO_3\cdot 5H_2O$	亚硫酸铜·5水	440.85	浅黄	淀					—	×	+S;//Cl	+NH_4OH		+乙酸
Cu_2SO_4	硫酸亚铜	223.16	灰	粉	1.733				//		+浓			×液氨
$Dy_2(SO_4)_3\cdot 8H_2O$	硫酸镝·8水	757.25	黄	晶			$-8H_2O$ 360		5.07^{20}	3.34^{40}				
$Er_2(SO_4)_3$	硫酸铒	622.60				3217	// 630		16^{20}	6.5^{40}				
$Er_2(SO_4)_3\cdot 8H_2O$	硫酸铒·8水	766.73	红	单		3217			+	+				
$Eu_2(SO_4)_3\cdot 8H_2O$	硫酸铕·8水	736.30	红	晶			$-8H_2O$ 375		2.56^{20}	1.93^{40}				
$xFe_2O_3\cdot ySO_2\cdot zH_2O$	碱式亚硫酸铁·z水		黄	粉					—		÷			
$xFe_2O_3\cdot ySO_3\cdot zH_2O$	碱式硫酸铁·z水		黄棕	粉										
$FeSO_3\cdot\frac{5}{2}H_2O$	亚硫酸亚铁·$\frac{5}{2}$水	180.95							÷		++亚硫酸		—	
$FeSO_3\cdot 3H_2O$	亚硫酸亚铁·3水	189.96	绿白	晶			// 250		÷÷		+亚硫酸		—	
$FeSO_4$	硫酸亚铁	151.91	灰白	粉					+					

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$FeSO_4 \cdot H_2O$	硫酸亚铁·1水	169.92	灰白	单		2970^{25}			÷	＋				
$FeSO_4 \cdot 4H_2O$	硫酸亚铁·4水	223.94	绿	晶	1.536	2260			＋	＋			－	
$FeSO_4 \cdot 5H_2O$	硫酸亚铁·5水	241.99	绿	三	1.536	2200		$-5H_2O$ 300	＋	＋			－	
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸亚铁·7水	278.02	蓝绿	单	风化 1.478	1899^{15}	64	$-7H_2O$ 300	表14.2.21			＋无水甲醇	÷÷	＋其热结晶水
$FeSO_4 \cdot H_2SO_4 \cdot 6H_2O$	酸式硫酸亚铁·6水	358.08		板										
$Fe(SO_4)_3$	硫酸铁	399.88	灰白或浅黄	正	～ 1.814	3097^{18}	// 480		÷	// ×	－S	－丙酮	÷	－液氨、乙酸乙酯
$Fe(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	硫酸铁·9水	562.02	黄	三	～ 1.552	2100	$-7H_2O$ 175		440	//			＋纯	
$Ga_2(SO_4)_3$	硫酸镓	427.63	无	六				// ＞520	＋＋	＋＋			＋	－乙醚
$Gd_2(SO_4)_3$	硫酸钆	602.00				4139^{15}			2.89^{20}	2.18^{40}				
$Gd_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸钆·8水	746.10		单		3010^{15}			＋	＋				
$Ge(SO_4)_2$	硫酸锗	264.71	白			3920	// ＞ 200							
$Hg(HSO_3)_2$	酸式亚硫酸汞	362.73	白	晶、淀			// ＜100		＋	//				
$HgO \cdot \frac{1}{3}SO_3$	碱式硫酸汞·$\frac{1}{3}$水	243.28	柠檬黄	粉					－		÷S*、Cl*			
$HgSO_3$	亚硫酸汞	280.65	白	非、淀					－	//沸				
$HgSO_4$	硫酸汞	296.65	白	斜、粉	无气味	6470	//		//		＋	＋NaCl	－	－丙酮 液氨
$HgSO_4 \cdot 2HgO$	碱式硫酸汞	729.83	柠檬黄	四		6440			0.005	0.167	＋		－	
Hg_2SO_3	亚硫酸亚汞	481.24	黄	非、粉					－	//沸	×Cl′、N			
Hg_2SO_4	硫酸亚汞	497.24	白至微黄	单		7560	//	//	0.055^{16}	0.092	＋S、N	＋		＋KCN;亚硫酸
$Ho_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸钬·8水	762.21	黄						8.18^{20}	4.52^{40}				
$In_2(SO_4)_3$	硫酸铟	517.81	亮灰	单	～	3438		// ＞600	117^{20}	＋＋				
$In_2O_3 \cdot \frac{3}{2}SO_2 \cdot 4H_2O$	碱式亚硫酸铟·4水	445.68	白	晶			$-\frac{3}{2}H_2O$ 100	$-4H_2O$ 260	－		＋			
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铬钾·12水	499.41	紫至紫红	八	～	1826^{25}	89	$-10\ H_2O$100	＋		＋稀		－	
$KHSO_3$	亚硫酸氢钾	120.16	白	单粉	SO_2气味 腐蚀		// 190		45.5^{15}	91.5^{75}			－纯	
$KHSO_4$	硫酸氢钾	136.16	无	单	～ 1.480	2350	214	//	表14.2.21		危8		//	－丙酮
$K_2SO_3 \cdot 2H_2O$	亚硫酸钾·2水	194.28	白	单			//		表14.2.21				÷	－液氨
K_2SO_4	硫酸钾	174.25	无	斜	1.495	2662	1074	1670	表14.2.21				－	－丙酮、CS_2
K_2SO_5	焦亚硫酸钾	222.31	无	单		2340		//	27.5	133			÷	－乙醚
$K_2S_2O_5$	偏亚硫酸钾	222.31		单、片		2300	// 150		表14.2.21				÷	－乙醚
$K_2S_2O_6$	连二硫酸钾	238.32	无	六	1.455	2278	//		6.06^{16}	63.3			－	
$K_2S_2O_7$	焦硫酸钾	254.31	无	针		2277	300 //	//	＋	//				
$K_2S_2O_8$	过二硫酸钾	270.31	白	三	1.467	2480	// ＜100		表14.2.21				－	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$K_2S_3O_6$	连三硫酸钾	270.39		正	1.564	2304			++	//			—	
$K_2S_4O_6$	连四硫酸钾	302.45	无	棱	1.606	2296^{20}			++				—	
$K_2S_5O_6 \cdot \frac{3}{2}H_2O$	连五硫酸钾·$\frac{3}{2}$水	361.55	无	正	1.63	2112^{20}	//		50	//			—	
$La_2(SO_4)_3$	硫酸镧	565.98	白	粉		3600^{15}		// 1150	表14.2.21				÷	—乙醚、丙酮
$La_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	硫酸镧·9水	728.18	无	六	1.564	2821	//		3.9	0.9	÷Cl			
$LiHSO_4$	硫酸氢锂	104.01	无	棱	~	2123^{13}	170.5		//					
Li_2SO_3	亚硫酸锂	93.95	白				$-H_2O$ 190		+				÷	
Li_2SO_4	硫酸锂	109.94	白	单	1.465	2220	860		表14.2.21				—80%乙醇	—丙酮
$Li_2SO_4 \cdot H_2O$	硫酸锂·1水	127.96	白	单	1.477	2060	$-H_2O$ 130		表14.2.21				—80%乙醇	
$Li_2S_2O_6 \cdot 2H_2O$	连二硫酸锂·2水	210.04		正	1.560	2158			++					
$Lu_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸镥·8水	782.31	白		轻微吸潮		//		66^{20}	22^{40}	+强无机酸			
$Mg(HSO_4)_2$	硫酸氢镁	218.44	白	棱					+ //		+S			
$Mg(HSO_4)_2 \cdot H_2O$	酸式硫酸锰	267.09		薄板状					+//					
$MgSO_3 \cdot 6H_2O$	亚硫酸镁·6水	212.46	无	六(或白、棱)		1725	$-6H_2O$ 200	//	1.25	0.833	++H_2SO_3		—	—液氨
$MgSO_4$	硫酸镁	120.36	灰白	正	≈ 1.560	2660	1127 //		表14.2.21		+	+甘油	÷甲、乙	+乙醚 116^{18};—丙酮
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸镁·7水	246.47	无	单	味苦 1.455	1680	70 //	$-7H_2O$ 280	表14.2.21				+甲、乙	+甘油
$MgSO_4 \cdot H_2O$	硫酸镁·1水	138.39	无	单	1.530	2445			+	68.4				
$Mn_2(SO_4)_3$	硫酸锰	398.06	暗绿	非、粉	≈	3240	// 160		++//	//	+S,Cl;—N′		//纯	—浓硝酸
$Mn_2H_2(SO_4)_4 \cdot 8H_2O$	酸式硫酸锰·8水	640.26	红棕	晶	~		受热时//		和缓//		+S			
$MnO \cdot \frac{2}{3}SO_3 \cdot H_2O$	碱式硫酸锰·1水	142.33	玫瑰红	晶、粉					//(分解水)					
$MnS_2O_6 \cdot 6H_2O$	连二硫酸锰·6水	323.16	玫瑰	三		1750^{20}			+					
$MnSO_3 \cdot 5H_2O$	亚硫酸锰·5水	225.08	红白	晶、粉					÷		//		—	++H_2SO_3
$MnSO_4$	硫酸亚锰	151.00	红至白	晶或粉	~	3235	700	// 850	52^{5},73^{50},70^{70}		+		0.014^{15}	—乙醚
$MnSO_4 \cdot H_2O$	硫酸亚锰·1水	169.01	淡红	单	1.595	2870	57~117℃稳定		表14.2.21				—	
$MnSO_4 \cdot 2H_2O$	硫酸亚锰·2水	187.02	淡红	晶		2526^{15}	40~57℃稳定		85.3^{35}	106.8^{55}				
$MnSO_4 \cdot 3H_2O$	硫酸亚锰·3水	205.04	淡红	晶		2356^{15}	30~40℃稳定		74.2^{5}	99.3^{57}				
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	硫酸亚锰·4水	223.05	淡红	单	1.518	2107	18~30℃稳定		表14.2.21				—	
$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	硫酸亚锰·5水	241.07	淡红	三	1.508	2103^{15}	8~18℃稳定		表14.2.21					
$MnSO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸亚锰·6水	259.09					−5~8℃稳定		204	247^{9}				
$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸亚锰·7水	277.10	淡红	单或正		2092	−10~−5℃稳定		表14.2.21				—(100%)	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
MoO_2SO_4	硫酸二氧化钼	224.02	无	晶	～									
$NaHSO_3$	亚硫酸氢钠	104.06	白	单、粉	1.526	1480	//		÷++	++			÷÷	－丙酮
$NaHSO_4$	硫酸氢钠	120.06	无	单斜		2742^{25}	＞315	//－H_2O	表14.2.21				//	－液氨
$NaHSO_4 \cdot H_2O$	硫酸氢钠·1水	138.07	无	单	～ 1.46	2103^{12}	58.5	//	100	+++			//	
$Na_2S_2O_4 \cdot 2H_2O$	次硫酸钠·2水	210.15	无	晶(或白、粉)			//52		22.0^{20}	//	//	+	－	
$Na_2S_2O_5$	焦亚硫酸钠	190.10	白至微黄	粉		1400	// 150		45.5	88.7^{80}			÷	+甘油
$Na_2S_2O_6 \cdot 2H_2O$	连二硫酸钠·2水	242.12	无	正	1.4953	2189	－H_2O 110		47.6^{16}	90.9	－Cl′		－	
$Na_2S_2O_7$	焦硫酸钠	222.10	无	晶	～	2660	400.9	//460	++		+发烟硫酸			
$Na_2S_2O_8$	过二硫酸钠	238.10	白	晶				//	+	+			－	
Na_2SO_3	亚硫酸钠	126.04	白	六	1.565	2633^{15}	//	//	表14.2.21		×		÷÷	÷÷液氨;－液氯
$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	亚硫酸钠·7水	252.16	无	单	碱性、风化	1561	－$7H_2O$ 150	//	表14.2.21				÷÷	+30分甘油
Na_2SO_4	硫酸钠	142.04	无	正	苦咸无臭无毒 1.477	2698	884	1700	表14.2.21				÷	+甘油、HI溶液
Na_2SO_4	硫酸钠	142.05	无	单			∟500	→正方	表14.2.21		+S			//HI溶液
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	硫酸钠·10水	322.19	无	单	1.396	1464	32.4 //	－$10H_2O$ 100	表14.2.21				－	+稀醇
$Na_2SO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸钠·7水	268.17	白	四、斜			－$7H_2O$ 24.4		表14.2.21				－	
$Nd_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸钕·8水	720.87		单	1.5505	2850			13.5△	1.15△				(△－无水物)
$NH_2OH \cdot \frac{1}{2}H_2SO_4$	硫酸羟胺	82.07	无	单	腐蚀、易爆		170 //		表14.2.21		//N′		÷÷	－乙醚、甲醇
NH_4HSO_3	亚硫酸氢铵	99.11	白	正	≈	2030^{12}	↑150	//	71.8	84.7^{60}			+	
NH_4HSO_4	硫酸氢铵	115.11	无	正	≈ 1.480	1780^{25}	146.9	490	100	++			÷÷	－丙酮、吡啶
$NH_4SO_2NH_2$	氨基亚硫酸铵	114.12	无	片			132	// 160	134.0	357^{50}				
$N_2H_4 \cdot H_2SO_4$	硫酸联氨	130.12	无	斜	无味、稳定	1370	254 //	//	表14.2.21				÷÷纯	－乙醚
$NH_4FeS_2O_4 \cdot 12H_2O$	硫酸高铁铵·12水	482.20	无至淡紫	八	无气味		230	－$12H_2O$	++				－	
$(N_2H_4)_2 \cdot H_2SO_4$	硫酸联氨	162.17	无	晶、片	～	1370	85		202.2^{25}	554.4^{60}			－	－乙醚
$(NH_4)_2SO_3 \cdot H_2O$	亚硫酸铵·1水	134.16	无	单	1.515	1410	// 50	150↑	100^{12}				－	－丙酮
$(NH_4)_2SO_4$	硫酸铵	132.13	无	斜	1.521	1769^{20}	513 //		表14.2.21			－NH_3	－	－丙酮、CS_2

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$(NH_4)_2S_2O_6\cdot\frac{1}{2}H_2O$	连二硫酸铵·$\frac{1}{2}$水	205.22	无	单		1704	// 130		178.5^{19}				−	
$(NH_4)_2S_2O_8$	过硫酸铵	228.20	白	单	腐蚀　1.502	1980	// 120		58.2	//				
$NiSO_3\cdot 6H_2O$	亚硫酸镍·6水	246.86	绿	晶					−		+Cl、S			+H_2SO_3
$NiSO_4$	硫酸镍	154.75	黄绿	斜	～	3680		−SO_3 840	表 14.2.21				÷÷	−乙醚、丙酮
$Ni(SO_4)_2\cdot 6H_2O$	硫酸镍·6水	262.86	(α)蓝 (β)绿	四 单斜	1.492 有毒			−$6H_2O$ 103	+				++	++氨水
$NiS_2O_6\cdot 6H_2O$	连二硫酸镍·6水	326.92	绿	三		1908	//							
$NiSO_4\cdot(NH_4)_2SO_4\cdot 6H_2O$	硫酸镍铵·6水	395.00	浅绿	单	1.5007	1923			2.5^{4}	310.2^{85}				+硫酸铵水溶液
$NiSO_4\cdot 6H_2O$	硫酸镍·6水	262.85	蓝或绿	四　单	1.511	2070	∟53.3	−$6H_2O$ 280	表 14.2.21			++NH_4OH	++	+甲醇 12.5
$NiSO_4\cdot 7H_2O$	硫酸镍·7水	280.86	翠绿	斜	甜味　1.489	1948	99	−$7H_2O$ 279	表 14.2.21				+	+甲醇
xNiO·$y$$SO_3$·$z$$H_2O$	碱式硫酸镍·z水		黄绿	晶、粉					÷÷					
$OsSO_3$	亚硫酸二价锇	270.30	蓝黑				//		−		+Cl			
$Pb(HS_4O)_2\cdot H_2O$	硫酸氢铅·1水	419.37		晶			//		0.0001^{18}		÷S			
$Pb(HSO_4)_2\cdot H_2O$	硫酸氢铅·1水	419.36	白	晶、粉			//		0.0001^{18}	//	÷S			
$PbO\cdot SO_3$	碱式硫酸铅	526.46	白	晶、粉					÷÷		//			// 乙酸
$PbSO_3$	亚硫酸铅	287.26	白	非、粉					−	−	×			÷亚硝酸
$PbSO_4$	硫酸铅	303.26	白	单	味甜　1.882	6200	1170	// 1000	表 14.2.21		÷浓	+	−	−乙酸；+铵盐
$PbSO_4\cdot 3PbO\cdot H_2O$	三盐基硫酸铅·1水	990.88	白	粉	自分解		7.0		−		−			+热乙酸铵溶液
$2PbSO_4\cdot PbO$	碱式硫酸铅	526.46	白	单	1.99	6920	977		0.0044^{18}	÷	÷S			
$PbS_2O_6\cdot 4H_2O$	连二硫酸铅·4水	439.40	无	晶	1.6351	3240	//		115^{20}	+++				
$PbS_2O_8\cdot 3H_2O$	过二硫酸铅·3水	453.39		晶	～				+++	+++		//		
$PdSO_4\cdot 2H_2O$	硫酸钯·2水	238.49	褐		～		//		+++	//				
$(PH_4)_2SO_4$	硫酸鏻	166.09	白	晶					//					
$Pr_2(SO_4)_3$	硫酸镨	570.04	浅绿			3720^{16}			19.7	0.77				
$Pr_2(SO_4)_3\cdot 8H_2O$	硫酸镨·8水	714.17	绿	单	1.5494	2820^{13}			+	÷				
$Pt(SO_4)_2\cdot 4H_2O$	硫酸铂·4水	459.43	黄	片					+	//	+		+	+乙醚
$RaSO_4$	硫酸镭	322.08	无	晶							−			×Na_2CO_3 溶液
Rb_2SO_4	硫酸铷	267.00	无	正	1.5133	3610^{20}	1074	约 1700	表 14.2.21				÷	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Rh_2(SO_3)_3 \cdot 6H_2O$	亚硫酸三价铑·6水	554.12	黄	晶			//		+				−	
$Rh_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$	硫酸三价铑·12水	710.21	浅黄	晶					+++	//			−	
$(SbO)_2SO_4$	硫酸氧锑	371.58	白	粉		4890			//	//				
$(SbO)_2SO_4 \cdot Sb_2(OH)_4$	碱式硫酸氧锑	683.13	白	粉					−	//				+甘油 5.15^{15}
$Sb_2(SO_4)_3$	硫酸亚锑	531.72	白	粉	有毒 ≈	3620^{4}	//		//	//	+稀			
$Sc_2(SO_4)_3$	硫酸钪	378.40	无	晶		2579	//		39.9^{25}	+++			−	
$Sm_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸钐·8水	733.19		单		2930	$-8H_2O$ 450		2.67^{20}	1.99^{40}				
$Sn(SO_4)_2$	硫酸锡	310.81	白	粉	≈				+		+S、Cl		//	
$Sn(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$	硫酸锡·2水	346.85	无	六	~				++	//	+S、Cl		// 纯	
xSnO · ySO₂ · zH₂O	碱式亚硫酸亚锡·z水			淀					−	// 沸				部分溶于亚硫酸
$SnOSO_4$	碱式硫酸锡	230.75							→$Sn(OH)_4$					
$SnSO_4$	硫酸亚锡	214.76	白	晶			$-SO_2$ 360		19.0^{19}	18.0	−			
$Sr(HSO_4)_2$	硫酸氢锶	281.77	无	粒			//		//		+S 14^{70}			
$Sr(HSO_4)_2 \cdot H_2O$	硫酸氢锶·1水	299.77		平			//		//					
$SrSO_3$	亚硫酸锶	167.68	白	晶、粉	慢氧化		//		0.0033^{17}		++S			+H_2SO_3
$SrSO_4$	硫酸锶	183.69	无	斜	1.624	3960	1580 //		表 14.2.21		÷N′+S′	÷乙酸	−	−氯化铵,丙酮
$SrS_2O_6 \cdot 4H_2O$	连二硫酸锶·4水	319.82		晶	1.5296	2373	//	$-4H_2O$ 78	22^{16}	67			−	
$Th(SO_4)_2$	硫酸钍	424.15	无	晶		4370		// >400	表 14.2.21					
$Th(SO_4)_2 \cdot 9H_2O$	硫酸钍·9水	586.38		单或棱		2770	$-9H_2O$ 400		表 14.2.21					
$Ti(SO_4)_2$	硫酸钛	240.02	半	晶	透明 ≈				−		+稀		−	−乙醚
$Ti_2(SO_4)_3$	硫酸钛(Ⅲ)	383.95	绿	粉	~				−	−	+		−	−乙醚
$TlHSO_4$	硫酸氢铊	301.46		三、晶			115 //				÷÷S			
Tl_2SO_3	亚硫酸亚铊	488.85	苍黄	晶		6427			3.34^{15}	+			−	
Tl_2SO_4	硫酸亚铊	504.80	无或白	斜	1.867	6675	632	//	表 14.2.21		++S			
$Tl_2S_2O_6$	连二硫酸亚铊	568.91		单		5570^{20}	//		41.8^{18}					
$Tl_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$	硫酸铊·7水	823.07					$-6H_2O$ 200	//	//	//	+S			
$UO_2SO_4 \cdot 3H_2O$	硫酸双氧铀·3水	420.13	淡黄	晶		3280^{16}	// 100		表 14.2.21		+		4	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$U(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	硫酸亚铀·4水	502.25	绿	正			$-4H_2O$ 300		23^{11}	9^{63}	+			
$V_2O_4(SO_3)_2 \cdot 16H_2O$	亚硫酸四氧二钒·16水	694.34	蓝	单	1.530				+++	+			−	
$Yb_2(SO_4)_3$	硫酸镱	634.28	无			3793	// 900		34.8^{20}	22.9^{40}				
$Yb(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸镱·8水	778.41		棱		3286			+	+				
$Y_2(SO_4)_3$	硫酸钇	466.04	无			252	// 1000		8^{20}	1.6				$+K_2SO_4$ 水溶液
$Y_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸钇·8水	610.17	无	单	1.5490	2558	$-8H_2O$ 120	// 700	13.4^{40}	6.6^{60}	÷S		−	
$Zn(HSO_4)_2 \cdot 8H_2O$	硫酸氢锌·8水	403.64		单					÷	+ //				
$ZnSO \cdot 6H_2O$	硫酸锌·6水	269.54	无	单、四		2072^{15}	$-5H_2O$ 70		表14.2.21				÷	−丙酮、液氨
$ZnSO_3 \cdot 2\frac{1}{2}H_2O$	亚硫酸锌·$2\frac{1}{2}$水	190.48		单			$-2.5H_2O$ 100	// 200	0.16	//	+S	$+NH_4OH$	−	
$ZnSO_3 \cdot 5H_2O$	亚硫酸锌·5水	235.52		单	吸 O_2				÷	//	++亚硫酸	$+NH_4OH$	−	
$ZnSO_4$	硫酸锌	161.44	白	斜、粉	1.669	3740^{15}	// 600		表14.2.21				0.04^{15}	÷甘油；+甲醇
$ZnSO_4 \cdot H_2O$	硫酸锌·1水	179.46	无			3280^{15}	// 238		表14.2.21					
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸锌·7水	287.55	无或白	斜	风化 1.480	1966^{16}	$-6H_2O$ 100	$-7H_2O$ 280	表14.2.21		−乙酸	−液氨	÷÷	−丙酮；÷甘油
$ZnS_2O_6 \cdot 6H_2O$	连二硫酸锌·6水	333.61		三		1915^{20}			+					
$Zr(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	硫酸锆·4水	355.41	白	正		3220^{16}	$-3H_2O$ 150		64^{18}	79^{40}	+S		−	
$Zr(SO_4)_3$	硫酸锆	283.55	白		～	3220^{16}	// 410		+					
$xZnO \cdot ySO_3 \cdot zH_2O$	碱式硫酸锌·z水		白	非、粉	吸 CO_2				−					

① 溶于其热结晶水；易溶于乙醇或冷稀矿物酸。

② 不溶于乙酸；微溶于氯化铵；溶于硝酸铵、Na_2SO_3、甘油。

③ 无水物 3531kg/m³，二水合物 2712kg/m³，四水合物 2327kg/m³（ρ_{25}^{25}），五水合物 2134kg/m³，八面晶 3650kg/m³。

表 14.2.2　硫酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
过硫酸钠	7775-27-1	51504	—	助	※	※	乙	※	W,T,P	5.1	R22;R36/37/38;R42/43;R8	S17;S26;S36/37/39;S45
过硫酸钾	7727-21-1	51504	—	助	※	※	乙	※	W,T,P	5.1	R22;R36/37/38;R42/43;R8	S22;S24;S26;S37
过硫酸铵	7727-54-0	51504	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R22;R36/37/38;R42/43;R8	S22;S24;S26;S37
连二亚硫酸钠	7775-14-6	42012	—	易	—	250	甲	—	R,T,G,JS	4.2	R22;R31;R7	S26;S28A;S43E;S7/8
硫酸钡	7727-43-7			不	※	※	乙	※	K			S24/25
硫酸铅	7446-14-2	81062		不	※	※		※	K	8.1		
硫酸铜	7758-98-7			不	※	※		※	K		R22;R36/38;R50/53	S22;S60;S61
硫酸镉	10124-36-4	610504		不	※	※	丙	※	P,R,G,T	6.1	R25;R26;R45;R46;R48/23/25;R50/53;R60;R61	S45;S53;S60;S61
硫酸镍	10101-97-0			不	※	※		※	K		R22;R40;R42/43;R50/53	S22;S36/37;S60;S61

表 14.2.3 硫代硫酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ag_2S_2O_3$	硫代硫酸银	327.88	灰白	淀(或雪白非粉)			//		÷ //			$+NH_4OH$		+硫代硫酸盐溶液
$BaS_2O_3H_2O$	硫代硫酸钡·1水	267.47	白	粉		3450^{18}	$-H_2O$ 170	红热 //	0.208^{20}		//	−	−	
$Bi_2(S_2O_3)_3 \cdot 3K_2S_2O_3 \cdot 2H_2O$	硫代硫酸铋·2水	1361.30	黄或绿	非、淀					+				−	
$CaS_2O_3 \cdot 6H_2O$	硫代硫酸钙·6水	260.30	白	三	风化 1.560	1873^{16}	//		71.2	//			−	
$CdS_2O_3 \cdot 2H_2O$	硫代硫酸镉·2水	260.56		晶、团或粉	～				+				−	
$CoS_2O_3 \cdot 6H_2O$	硫代硫酸钴·6水	279.15	蓝	团					+					
$Cu_2H_4(S_2O_3)_3$	酸式硫代硫酸亚铜	467.49	金	针			在空气中或受热 //		÷		×	$+NH_4OH$		+铵盐溶液
$FeS_2O_3 \cdot 5H_2O$	硫代硫酸亚铁·5水	258.05	绿蓝	晶	≈		易氧化		++	//			++	
HgS_2O_3	硫代硫酸汞	312.71	白	针			受热 //		+				−	
$Hg_2S_2O_3$	硫代硫酸亚汞	513.30	棕红	非、粉			受热 //		−		+N			
$K_2S_2O_3$	硫代硫酸钾	190.32	无	立			// 400		96.1	311.2^{90}				
$K_2S_2O_5$	偏硫代硫酸钾	222.32	白	晶粉	SO_2 气味		//190		++	++			−	
$K_2S_2O_3 \cdot \frac{1}{3}H_2O$	硫代硫酸钾·$\frac{1}{3}$水	196.32	无	单	≈	2230	$-H_2O$ 180	//	++	+++			−	
$Li_2S_2O_3 \cdot 3H_2O$	硫代硫酸锂·3水	180.05	无	晶					+				+纯醇	
$MgS_2O_3 \cdot 6H_2O$	硫代硫酸镁·6水	244.52	白或无	斜		1818^{24}	$-3H_2O$ 170	//	++	+++		−	−	
MnS_2O_3	硫代硫酸锰	167.06					不稳定		+					
NaS_2O_3	硫代硫酸钠	158.10	无	单	33℃时风化	1667	// 220		表 14.2.23				−	+其48℃结晶水
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	硫代硫酸钠·5水	248.18	无或白	单	1.508	1715	// 48	$-5H_2O$ 100	表 14.2.23				÷÷	+液氨
$(NH_4)_2S_2O_3$	硫代硫酸铵	148.20	无	棱	≈	1679		// 150	2.15^{15}	103.3			−	−CS、丙酮
$NiS_2O_3 \cdot 6H_2O$	硫代硫酸镍·6水	278.92	绿	晶	不氧化			//	+					
PbS_2O_3	硫代硫酸铅	319.32	灰或白	粉或固		5180		//	0.03		+N			+硫代硫酸碱溶液
$SrS_2O_3 \cdot 5H_2O$	硫代硫酸锶·5水	289.82		针、单	风化	2170^{17}	$-5H_2O$ 100	$-5H_2O$ 180	9.5	57			−	
$ZnS_2O_3 \cdot xH_2O$	硫代硫酸锌·x水			团	～				+++				+++	

表 14.2.4　硫酸复合盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$AlCs(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝铯·12水	568.20	无	晶		1970	117		0.21	5.49^{80}				
$AlK(SO_4)_2$	硫酸铝钾	258.20	白	粉	～	2750			2.96^{0}	$109^{\cdot 90}$			−	
$AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝钾·12水	474.39	无	立	微甜涩 1.456	1760^{26}	92	$-11H_2O$ 180	表14.2.22		＋稀	−丙酮	−	＋＋甘油
$AlNa(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝钠·12水	458.29	无	八	风化 1.439	1675	61	$-12H_2O$ 45	表14.2.22				−	
$AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝铵·12水	453.33	无	立	味涩 1.459	1640	94.0	$-12H_2O$ 200	表14.2.22		＋稀		−	＋＋甘油
$AlRb(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝铷·12水	520.77	无	晶	1.457	1890	99		0.72	43.3^{80}				
$AlTl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝亚铊·12水	639.68	无	晶		2320	91		3.15	35.3^{80}				
$CaK_2(SO_4)_2 \cdot H_2O$	硫酸钙钾·1水	328.42		单	1.5170	2600	1004		0.25	//	＋			
$CaSO_4 \cdot 2NaSO_4 \cdot 2H_2O$	硫酸钙钠·2水	456.30	无				$-2H_2O$ 80			//				
$Cd(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸镉铵·6水	448.71		单			$-6H_2O$ 100	// 高温	＋		遇硫酸风化			
$CoK_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸钴钾·6水	437.35	红	单	1.487	2218			25.5					
$Co(NH_4)_2 \cdot (SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸钴铵·6水	395.23	红	单	1.4953	1901			表14.2.22				−	
$Co(NH_4)_2 \cdot (SO_4)_2 \cdot 24H_2O$	硫酸高钴铵·24水	814.51	深蓝	等轴八面					＋	//				
$Co_2K_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	硫酸高钴钾·24水	1012.68		等轴八面					＋ //					
$CrK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铬钾·12水	499.40	绿紫	立	风化 1.481	1830	89	$-12H_2O$ 400	表14.2.22		＋稀		−	
$Cr_2Na_2(SO_4) \cdot 24H_2O$	硫酸铬钠·24水	966.60		晶	风化				＋					
$Cr_2(NH_4)_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	硫酸铬铵·24水	956.73	绿或紫	立	风化 1.484	1720	94	$-18H_2O$ 100	21.2^{25}				−	
$CuK_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸铜钾·6水	441.97	淡蓝	单			$-3H_2O$ 100	$-6H_2O$ 150	＋＋	//(沸)				
$Cu(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸铜铵·6水	399.85	蓝	单	风化		$-6H_2O$ 120							
$CuSO_4 \cdot 4NH_3 \cdot H_2O$	硫酸铜铵·1水	245.77	蓝	正		1810	// 150		18.1^{22}	//			−	
$FeK_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸亚铁钾·6水	434.27	蓝绿	单	1.482	1830	33		表14.2.22				−	
$FeNa_2(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	硫酸亚铁钠·4水	366.01	蓝绿	单					＋					
$Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铁铵·12水	482.09	紫	八	1.485	1710	40	$-12H_2O$ 230	124^{25}	400	＋		−	
$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸亚铁铵·6水	392.14	淡蓝绿	单或粉	1.492	1864	// 100		表14.2.22				−	
$Fe_2K_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	硫酸铁钾·24水	1006.52	无或淡紫	八		1830	// 空气中	// 80	20^{12}	＋＋			−	＋其热结晶水

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Gd_2K_2(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$	硫酸钆钾·2水	812.96		晶		3503^{16}			+	+				$+K_2SO_4$
$3Hg \cdot (NH_4)_2(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$	硫酸汞铵·2水	1058.12		单					÷			$++NH_4OH$		
$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝钾·12水	474.38	无	立	1.456	1757^{18}	92.5	$-12H_2O$ 200	11.4^{20}		+		−	−丙酮
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铬钾·12水	499.41	紫红	八	1.481	1826^{25}	89	$-10H_2O$ 100	24.4^{25}		+		−	
$K_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	二硫酸根络钴酸钾·6水	437.36	单	片	1.4865	2218			25.5	108.4^{49}				
$MgK_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸钾镁·6水	402.73		单	1.463	2150	1172		19.3	81.7^{15}				
$Mg(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸镁铵·6水	360.62	无	单	1.4725	1720	>120		16.9	130				
$MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸镁钾·6水	402.74	单		1.4629	2150	// 72		19.3	59.8^{75}				
$MgSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸镁铵·6水	360.63	无	单	1.4730	1720	>120		16.9	130				
$MnK_2(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	硫酸锰钾·4水	397.32	淡红	单					+					
$Mn(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸锰铵·6水	391.24	玫瑰红	单	≈ 1.484	1831			51.3^{25}	++				
$Mn_2K_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	硫酸二钾二锰·24水	1006.70	暗紫	八					//					
$MnNa_2(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$	硫酸锰钠·2水	329.07	淡黄	三	~				+					
$Mn_2(NH_4)_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	四硫酸二铵二锰·24水	962.58	暗红	晶					//					
$NiK_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸镍钾·6水	437.12	蓝绿	单	1.492	2237	// <100		7	60.8^{75}				
$Ni(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸镍铵·6水	394.99	蓝至绿	单	1.501	1923			表 14.2.22				−	$÷÷(NH_4)_2SO_4$
$Pb(NH_4)_2(SO_4)_2$	硫酸铵铅	435.40		晶			// 红热时		//					
$Pr_2(SO_4)_4(NH_4)_2 \cdot 8H_2O$	硫酸镨铵·8水	846.31		晶		2531^{16}	$-8H_2O$ 170		÷					
$Pr_2(SO_4)_3 \cdot 3K_2SO_4 \cdot H_2O$	硫酸镨钾·1水	1110.86		晶		3275^{16}			÷		+Cl N			
$ZnK_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸锌钾·6水	443.80		单					+					
$ZnNa_2(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	硫酸锌钠·4水	375.54		单	~		$-4H_2O$ 红热时		+					
$Zn(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸锌铵·6水	401.68	白	单	1.4930	1931	//		表 14.2.22					

表 14.2.5 硫氰酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ba(CNS)_2\cdot 2H_2O$	硫氰酸钡·2水	289.56	无	针					43^{20}	+			+	
$Ca(CNS)_2\cdot 3H_2O$	硫氰酸钙·3水	210.28	白	晶	～				+	++			++	
Cu(CNS)	硫氰酸亚铜	121.62	白	粉		2486	1084//		0.0005^{18}		−	$+NH_4OH$		+乙醚
$Cu(CNS)_2$	硫氰酸铜	179.70	黑				// 100		//		+			
$Fe(CNS)_3$	硫氰酸铁	230.09	红至黑	立	～				++					
$Fe(CNS)_2\cdot 3H_2O$	硫氰酸亚铁·3水	226.06	绿	正			//		++				+	+乙醚、丙酮
$Fe(CNS)_3\cdot 3H_2O$	硫氰酸铁·3水	284.15	红	立	～		//		++	+++			++	+乙醚
HgCNS	硫氰酸亚汞	258.70	白				//		−		+Cl			$+KCNS\ Hg(NO_3)_2$
$Hg(CNS)_2$	硫氰酸汞	316.78	无				//		0.07^{25}	÷			÷	$+NH_3$、盐、NH_4
KSCN	硫氰酸钾	97.18	无	单	≈ 1.660	1886^{14}	173.2	// 500	177	21820	$++NH_3$	戊醇 0.1813	+	+丙酮 20.8^{22}
$Mn(CSN)_2\cdot 3H_2O$	硫氰酸锰·3水	225.14	无		～		$-3H_2O$ 160		+	+++			+	
NaCNS	硫氰酸钠	81.08	无	斜方	～ 1.625	1295^{20}	287		110^{10}	225			++	++丙酮
NH_4SCN	硫氰酸铵	76.12	无	单	极毒 ≈ 1.685	1305	159	// 170					++	①
$Ni(SCN)_2$	硫氰酸镍·2水	174.85	深褐	粉										
$Pb(CNS)_2$	硫氰酸铅	323.36	无	单		3820	// 190		0.05^{20}	+	+N			+KCNS
$Si(CNS)_4$	硫氰酸硅	260.39	黄	晶			142	314.2	//			//乙醚	//	$-CS_2$、苯
$Sr(CNS)_2\cdot 3H_2O$	硫氰酸锶·3水	257.85			～		$-3H_2O$ 100	// 160	+++				+++	
TlCNS	硫氰酸亚铊	262.48	四	针					0.315^{20}	0.727^{40}			−	

① 不溶于乙酸乙酯、氯仿；溶于 SO_2、NH_3、甲醇、丙酮。

表 14.2.6 硫氰酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
硫氰酸钙	2092-16-2	61501	—	不	※	※	—	※	W	6.1		

14.2.2 密　　度

表 14.2.7　硫酸盐水溶液的密度

单位：g/cm³

分　子　式	温度/℃	浓度(质量分数)/%																			
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
$Al_2(SO_4)_3$	15	1.009	1.020	1.040	1.062	1.084	1.106	1.129	1.153	1.177	1.202	1.227	1.253	1.280	1.306	1.307	1.308				
$CdSO_4$	18	1.009	1.018	1.038	1.059	1.080	1.102	1.125	1.148	1.173	1.198	1.224	1.250	1.280	1.310	1.338	1.371	1.455	1.547		
$Ce_2(SO_4)_3$	15	1.009	1.019	1.040	1.061	1.082	1.105	1.128	1.152	1.177	1.203	1.230	1.258	1.288							
$CoSO_4$	0	1.011	1.022	1.044	1.066	1.089															
$CoSO_4$	25	1.007	1.017	1.038	1.059	1.080															
$Cr_2(SO_4)_3$(紫)	15	1.009	1.019	1.040	1.060	1.082	1.103	1.126	1.149	1.172	1.197	1.222	1.248	1.275	1.303	1.333					
$Cr_2(SO_4)_3$(绿)	15	1.008	1.017	1.036	1.055	1.075	1.096	1.117	1.139	1.162	1.185	1.209	1.234	1.259	1.286	1.313	1.340	1.412	1.489		
Cs_2SO_4	20	1.006	1.014	1.032	1.049	1.068	1.087	1.107	1.128	1.148	1.170	1.191	1.214	1.238	1.264						
$CuSO_4$	0	1.001		1.043		1.089		1.138													
$CuSO_4$	20	1.009	1.019	1.040	1.062	1.084	1.107	1.131	1.154	1.180	1.206	1.223	1.235	1.244	1.251						
$CuSO_4$	40	1.002		1.033		1.076		1.122													
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	18	1.006	1.013	1.025	1.038	1.052	1.065	1.078	1.092	1.106	1.121	1.135	1.150	1.166	1.182	1.198	1.215				
$FeSO_4$	18	1.008	1.018	1.038	1.058	1.078	1.100	1.122	1.145	1.168	1.190	1.214		1.228^{25}							
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	15	1.005	1.010	1.021	1.033	1.044	1.054	1.065	1.076	1.088	1.100	1.112	1124	1.137	1.149	1.162	1.174	1.206	1.239		
$Fe_2(SO_4)_3$	18	1.007	1.016	1.033	1.050	1.067	1.084	1.103	1.122	1.141	1.161	1.181		1.241^{25}							
$KAl(SO_4)_2$①	19	1.010	1.017	1.037	1.057																
$KAl(SO_4)_2$	18	1.004	1.009	1.019	1.030	1.040	1.051	1.062	1.068								1.127		1.190		1.289
$KCr(SO_4)_2$(紫)	15	1.009	1.018	1.038	1.057	1.077															
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(紫)②	18			1.016			1.034					1.075									
$KCr(SO_4)_2$(绿)	15	1.007	1.016	1.034	1.052	1.070	1.089	1.109	1.129	1.150	1.171	1.193	1.216	1.239	1.263	1.289	1.315	1.383	1.456	1.533	1.615
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(绿)③	15			1.037	1.039	1.043	1.050	1.059	1.069	1.080	1.091	1.103	1.115	1.126	1.138	1.149	1.161	1.192	1.225	1.259	1.295
$KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(绿)④	20						1.064					1.108							1.162		
$KHSO_4$	20	1.005	1.012	1.026	1.040	1.055	1.070	1.085	1.100	1.116	1.134	1.151	1.167	1.184	1.202						
K_2SO_3	15	1.007	1.016	1.032	1.049	1.067	1.085	1.103	1.121	1.140	1.160	1.179	1.199	1.220	1.240						
K_2SO_4	20	1.006	1.014	1.031	1.048	1.065	1.082														

续表

分子式	温度/℃	浓度(质量分数)/%																			
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
Li_2SO_4	20	1.007	1.016	1.033	1.050	1.068	1.086	1.104	1.123	1.141	1.160	1.179	1.198	1.218							
$MgSO_4$	20		1.019	1.039	1.060	1.082	1.103	1.126	1.148	1.172	1.196	1.220	1.245	1.270	1.296						
$MgSO_4$	0		1.021	1.042		1.086		1.131		1.178		1.226			1.303						
$MgSO_4$	30		1.016	1.036		1.078		1.122		1.168		1.216			1.292						
$MgSO_4$	40		1.012	1.033		1.074		1.118		1.164		1.212			1.288						
$MgSO_4$	50		1.008	1.028		1.070		1.114		1.159		1.207			1.284						
$MgSO_4$	60		1.003	1.023		1.065		1.108													
$MgSO_4$	80		0.992	1.012		1.053		1.097													
$MnSO_4$	20	1.008	1.018	1.038	1.058	1.079	1.101	1.124	1.146	1.170	1.195	1.220	1.246	1.272	1.300	1.328	1.356				
$NaHSO_3$	15	1.007	1.017	1.044	1.063	1.084	1.104	1.124	1.144	1.165	1.185	1.202	1.218	1.235	1.252	1.268	1.284	1.331			
$NaHSO_4$	20	1.006	1.014	1.029	1.045	1.061	1.077	1.094	1.110	1.127	1.144	1.161	1.179								
Na_2SO_3	19	1.008	1.017	1.036	1.056	1.075	1.095	1.115	1.135	1.155	1.176										
Na_2SO_4	10	1.009	1.018	1.037	1.056																
Na_2SO_4	20	1.007	1.016	1.035	1.054	1.072	1.092	1.111	1.131	1.151	1.171	1.192	1.212	1.234							
Na_2SO_4	25	1.006	1.015	1.033	1.052	1.070	1.089	1.108	1.128	1.148	1.168	1.189	1.210								
Na_2SO_3	20	1.006	1.015	1.032	1.048	1.065	1.083	1.100	1.118	1.136	1.155	1.174	1.193	1.213		1.253	1.274	1.327	1.383		
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	19	1.005	1.010	1.021		1.042		1.064		1.086		1.109		1.132		1.156	1.168		1.230		1.295
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$	25	1.005	1.013	1.029	1.045	1.062	1.080	1.098	1.116												
$(NH_4)_2Fe_2(SO_4)_4$	15	1.007	1.016	1.032	1.050	1.068	1.086	1.104	1.122	1.141	1.161	1.181							1.380		
$(NH_4)_2SO_4$	0	1.006	1.012	1.025		1.050		1.074		1.098		1.122		1.145		1.168		1.207	1.235		1.290
$(NH_4)_2SO_4$	20	1.004	1.010	1.022	1.034	1.046	1.057	1.069	1.081	1.092	1.104	1.115	1.127	1.138		1.161	1.172	1.200	1.228	1.255	1.283
$(NH_4)_2SO_4$	40	0.998	1.004	1.016		1.039		1.062		1.085		1.108		1.130		1.153		1.192	1.220		1.275
$(NH_4)_2SO_4$	80	0.978	0.984	0.995		1.019		1.042		1.065		1.088		1.111		1.134		1.173	1.201		1.257
$(NH_4)_2SO_4$	100	0.964	0.970	0.983		1.007		1.030		1.054		1.077		1.103		1.123		1.163	1.191		1.247
$(NH_4)_2S_2O_8$		1.006		1.020		1.046											1.189				
$NiSO_4$	18	1.009	1.020	1.042	1.063	1.085	1.109	1.133	1.158	1.183	1.209										
$RbSO_4$	20	1.007	1.015	1.032	1.050	1.068	1.086	1.105	1.125	1.145	1.165	1.186	1.208	1.231			1.303				
$ZnSO_4$	20		1.019	1.040	1.062	1.084	1.107	1.131	1.155	1.181	1.205	1.232	1.260	1.289	1.319	1.349	1.378				
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$⑤	15	1.006	1.013	1.024	1.035	1.047	1.059	1.073	1.085	1.097	1.110	1.124	1.137	1.150	1.164	1.179	1.193	1.231	1.271	1.310	1.353

① 不同温度时的密度见表14.2.8～表14.2.11。

② 含量为60%、70%时，其值分别为1.457g/cm^{3}和1.636g/cm^3。

③ 含量为60%、70%、80%、90%时，其值分别为1.371g/cm^3、1.453g/cm^3、1.541g/cm^3、1.635g/cm^3。

④ 含量为60%、80%、100%时，其值分别为1.253g/cm^3、1.352g/cm^{3}和1.440g/cm^3。

⑤ 含量为55%和60%时，其值分别为1.399g/cm^{3}和1.445g/cm^3。

表 14.2.8 硫酸钙水溶液的密度

温度/℃	0	10	30	35	40	55	75
ρ/(g/cm^3)	1.0020	1.0017	0.9979	0.9961	0.9944	0.9880	0.9777

表 14.2.9 硫酸铝钾和亚硫酸铵饱和水溶液的密度

名 称	温度/℃									
	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80
$AlK(SO_4)_2$	1.026	1.035	1.046	1.052	1.070	1.096	1.130	1.179	1.241	1.331
$(NH_4)_2SO_3$	1.179	1.190	1.200		1.210	1.220	1.231	1.243	1.256	1.272

表 14.2.10 硫酸铬水溶液的密度　　单位：kg/m^3

浓度/(g/L)	温度/℃					
	0	10	20	30	40	50
40	1039.3	1039.0	1036.8	1084.6	1029.1	1024.1
60	1058.4	1057.1	1055.5	1058.4	1048.3	1043.3
80			1073.0	1071.5	1065.0	1059.8
100			1090.6	1099.1	1081.4	1075.9
120			1109.6	1116.6	1099.7	1093.8

表 14.2.11 硫氰酸盐水溶液的密度

名 称	浓度(质量分数)/%										
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	22
硫氰酸钾	1.0035	1.0085	1.0186	1.0288	1.0391	1.0495	1.0601	1.0728	1.0817	1.0927	1.1152
硫氰酸钠	1.0038	1.0090	1.0196	1.0303	1.0411	1.0520	1.0630	1.0741	1.0853	1.0966	1.1197
硫氰酸铵	1.0009	1.0032	1.0078	1.0124	1.0170	1.0216	1.0233	1.0309	1.0400	1.0456	1.0495

名 称	浓度(质量分数)/%									
	26	30	35	40	45	50	55	60	65	70
硫氰酸钾	1.1382	1.1618	1.1899	1.2200	1.2517	1.2849	1.3195	1.3354	1.3925	1.4307
硫氰酸钠	1.1433	1.1677	1.196	1.228	1.265					
硫氰酸铵	1.0589	1.0645	1.0752	1.0863	1.0982	1.1108	1.1214	1.1432		

14.2.3 黏　　度

表 14.2.12 硫酸铬水溶液的黏度　　单位：mPa·s

温度/℃	浓度/(g/L)					
	20	40	60	80	100	120
10	1.574	1.593	1.779	1.989	2.207	2.541
20	1.196	1.199	1.327	1.503	1.705	1.965
25	1.061	1.065	1.175	1.357	1.570	1.773
30	0.953	0.953	1.055	1.182	1.320	1.525
40	0.775	0.774	0.857	0.956	1.061	1.223
50	0.636	0.642	0.772	0.803	0.753	0.887

表 14.2.13　硫酸钴的黏度　　单位：mPa・s

温度/℃	15	25	35	45
浓度 7%	0.8489	0.6739	0.5396	0.4431
浓度 21%	1.9232	1.4527	1.1230	0.8941

表 14.2.14　硫酸钠水溶液的黏度（20℃）　　单位：mPa・s

浓度/%	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Na_2SO_4	112.6	120.5	125.4	129.0	132.9	138.8	148.3	163.2	185.0

表 14.2.15　硫酸盐及其水溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

名称	浓度/(mol/L)				名称	浓度/(mol/L)					
	1.0	0.5	0.25	0.125		5.0	2.0	1.0	0.5	0.25	0.125
$Al_2(SO_4)_3$	1.4064	1.1782	1.0825	1.0381	$MgSO_4$①			1.3673	1.1639	1.0784	1.0320
$BeSO_4$	1.3600	1.1620	1.0749	1.0151	$MnSO_4$②			1.3640	1.1690	1.0761	1.0366
$CdSO_4$	1.3476	1.1574	1.0780	1.0335	Na_2SO_4			1.2291	1.1058	1.0522	1.0235
$CoSO_4$	1.3543	1.1598	1.0766	1.0402	$NaHSO_4$③	2.874	1.550	1.2450	1.1140	1.0560	
$CuSO_4$	1.3580	1.1603	1.0802	1.0384	$(NH_4)_2SO_4$④			1.1114	1.0552	1.0302	1.0148
K_2SO_4	1.1051	1.0486	1.0206	1.0078	$NiSO_4$			1.3615	1.1615	1.0751	1.0323
Li_2SO_4	1.2905	1.1372	1.0655	1.0320	$ZnSO_4$			1.3671	1.1726	1.0824	1.0358

① 含 $7H_2O$。

② 参见下表。

硫酸镁水溶液的比黏度（0℃水的黏度为 1.0）

浓度(质量分数)/%	密度/(g/cm³)	温度/℃			
		15	25	35	45
11.45	1.147	1.294	0.986	0.783	0.634
18.80	1.251	2.286	1.722	1.371	1.074
22.08	1.306	6.618	4.743	3.479	2.668

③ 18℃。

④ 物质的量的浓度为 2mol/L、3mol/L、4mol/L、5mol/L、6mol/L、7mol/L、8mol/L 时，其值分别为 1.242、1.396、1.568、1.794、2.087、2.390、2.797。

14.2.4　表面张力

表 14.2.16　硫酸盐的表面张力

（1）硫酸盐液体　　单位：mN/m

名称	温度/℃								
	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Cs_2SO_4			112	106	99	92	87	85	
$K_2SO_4$①			148	142	136	129	123	116	110
Li_2SO_4	222		215	209					
$Na_2SO_4$①	195	190	188	184					
$RbSO_4$				131	124	118			

① 界面为氮气或空气时，其值十分接近。

（2）硫酸盐水溶液（20℃） 单位：mN/m

名　称	浓度/(mol/L)												
	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	10	11.2
$CuSO_4$①	73.2	73.7	74.6	$75.0^{1.2}$									
$MgSO_4$②	73.3	73.8	74.8	76.0	77.3	78.8	$79.3^{2.7}$						
$Na_2S_2O_3$③		71.2	72.4	73.8	75.4	77.1	78.9	82.5	85.8	88.5	92.8	97.1	98.4
$(NH_4)_2SO_4$		73.8	74.9	76.0	77.1	78.2	710.2	81.4	$83.1^{4.8}$				
$ZnSO_4$	73.2	73.7	74.7	75.9	77.1	78.4	79.9	83.3	84.9				

① 参见表 14.2.17。
② 浓度为 0.025mol/L、0.05mol/L 和 0.1mol/L 时，其值分别为 72.8mN/m、72.9mN/m 和 73.0mN/m。
③ 温度为 40℃。

表 14.2.17　硫酸盐水溶液的表面张力 单位：mN/m

分子式	温度/℃	浓度(质量分数)/%									
		0	2	4	7	10	15	20	25	30	38.8
$Al_2(SO_4)_3$	25		72.02	72.90	73.28	73.62	74.81	76.34	79.34	$79.73^{25.5}$	
$FeSO_4$	16	72.52	70.10	68.46	67.38	68.00	73.88	76.618			
$MgSO_4$	20		73.14	73.48	74.04	74.68	75.96	77.5			
Na_2SO_4	20		73.07	73.54	74.23	74.91	$75.4^{12.4}$				
$(NH_4)_2SO_4$	15		75.71	76.44	77.38	78.12	78.93	79.31	79.50	79.93	83.07

注：右上角的数字为与其相对应的浓度。

表 14.2.18　硫酸铜水溶液的表面张力

浓度(质量分数)/%	0	5	10	12.5	15	20
σ/(mN/m)	77.1	75.1	71.8	70.8	75.9	81.1

14.2.5　沸　　点

表 14.2.19　硫酸盐水溶液和饱和溶液的沸点

名　称	下列浓度时(g/100g 水)溶液的沸点/℃					饱和溶液		
	10	25	50	75	100	沸点/℃	浓度/(g/100g)	固相组成
$AlK(SO_4)_2$		100.8	101.9	103.4	105.2			
$CuSO_4$		100.6	101.6	103.5		104.2	82.2	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
$FeSO_4$		100.7	101.5					
K_2SO_4	100.7	101.7				102.1	31.6	K_2SO_4
$MgSO_4$	100.6	101.6	104.3	108.0		108.0	75.0	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$			101.2	101.7	102.3			
$MnSO_4$		100.8	101.8			102.4	68.4	Na_2SO_4
Na_2SO_4	100.6	101.6				103.2	46.7	$Na_2SO_4 \cdot 5H_2O$
$Na_2S_2O_3$		101.8	104.1	106.8	109.6	126.0	348.0	$(NH_4)_2SO_4$
$(NH_4)_2SO_4$		101.6	104.4	105.6	107.1	108.2	115.3	
$ZnSO_4$		101.6	102.3			105.0	85.7	

表 14.2.20　硫酸盐水溶液的沸点和浓度

溶　液	101	102	103	104	105	107
名　称	相应于上列沸点(℃)的溶液浓度(质量分数)/%					
$CuSO_4$	26.95	39.98	40.83	44.47		
$MgSO_4$	14.31	22.78	28.31	32.23	35.32	42.86
Na_2SO_4	15.26	24.80	30.73			
$(NH_4)_2SO_4$	13.34	23.14	30.65	26.71	41.79	49.73
$ZnSO_4$	20.00	31.22	37.89	42.92	46.15	

14.2.6　溶　解　度

表 14.2.21　硫酸盐在水中的溶解度

分子式	名称	在下列温度(℃)时无水硫酸盐在100g水中的最大溶解质量/g													其他溶剂(18～25℃)/(g/100g溶剂)
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	
Ag_2SO_4	硫酸银	0.57	0.69	0.80	0.84	0.89	0.98	1.08	1.15	1.22	1.30	1.36	1.41		
$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硝酸铝·9水			62.6	65.3	68.1	75.4	85.2	94.2	122	132	143	160		
$Al_2(SO_4)_3$	硫酸铝	37.9	38.1	38.3	38.5	38.9	40.4	42.4	44.9	48.8	55.7	68.0	89.0		乙二醇16.8,吡啶0.83
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	硫酸铝·18水	31.2	33.8	36.4		40.4	45.7	52.2	59.2	66.2	73.1	86.8	89.0		
$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$①	硫酸铝·18水	23.8	25.1	26.7		28.8	31.4	34.3	37.2	39.8	42.2	44.7	47.1		
$BaSO_4$	硫酸钡	0.12	0.20	0.24		0.29	0.31	0.42	0.46	0.43	0.40	0.40	0.41	mg	表14.2.19
$BeSO_4$	硫酸铍	36.2	37.9	40.0	41.2	42.5	45.8	49.7	54.3	62.5	60.0		42.9		
$BeSO_4 \cdot 2H_2O$	硫酸铍·2水										84.8	98	110		
$BeSO_4 \cdot 4H_2O$	硫酸铍·4水			41.1		43.8	46.7	50.6	55.5	62.0	70.8	83	100		
$BeSO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸铍·6水					52.0		60.7							
$CaSO_4$	硫酸钙	0.176	0.193			0.209	0.210	0.204	0.200				0.16		表14.2.20
$CaSO_3 \cdot 2H_2O$	亚硫酸钙·2水			4.3		5.4	6.3	6.5	5.8	4.5	3.1	2.7	1.1	mg	
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	硫酸钙·2水	0.18	0.19	0.20		0.21	0.21		0.205	0.20	0.197		0.162		
$CdSO_4$	硫酸镉	75.6	75.9	76.4	77.0	77.5	78.6	77.0	73.9		67.2		50.8	23.6	甲醇0.035,乙醇0.03
$CdSO_4 \cdot H_2O$	硫酸镉·1水							77.1		70.3	67.6	64.5	58.4		
$CdSO_4 \cdot 2\frac{2}{3}H_2O$	硫酸镉·$2\frac{2}{3}$水	75.4	76.1			77.7	78.6						61.0		
$Ce_2(SO_3)_3 \cdot 4H_2O$	硫酸铈·4水						6.1	3.4	2.4		1.0		0.41		
$Ce_2(SO_3)_3 \cdot 5H_2O$	硫酸铈·5水								3.3		1.2		0.46		
$Ce_2(SO_3)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸铈·8水	16.4		9.7			5.8		2.2		0.93		0.43		
$Ce_2(SO_3)_3 \cdot 9H_2O$	硫酸铈·9水	21.0		10.1		6.8		4.7	3.9						
$CoSO_4$	硫酸钴	24.7	30.8	35.5	37.6		48.8	51.1		54.8	49.3		38.5		表14.2.21
$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸钴·7水	25.5	30.4	36.3		42.9	49.9	57.0	63.8	70.2	75.7	80.1	83.0		
Cs_2SO_4	硫酸铯	167	173	179		184	190	195	200	205	210	215	220		
$CuSO_4$	硫酸铜	14.3	17.2	20.5	22.3	24.4	28.7	33.7	39.5		55.5		77.0	82.5	甲醇105
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	硫酸铜·5水	14.3	17.4	20.7		25.0	28.5	33.3	40.0	47.1	55	64.2	75.4		甲醇15.6,乙醇1.1
$FeSO_4 \cdot H_2O$	硫酸亚铁·1水									50.9	43.6	37.3			

续表

分子式	名称	在下列温度(℃)时无水硫酸盐在100g水中的最大溶解质量/g													其他溶剂(18～25℃)/(g/100g溶剂)
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸亚铁·7水	15.8	20.8	26.3		32.8	40.1	48.4	52.4	50.9	43.7				
$KHSO_4$	硫酸氢钾	36.3	43.7	51.4		510.2	67.3	75.6	84.2	93.1	102	112	122		
K_2SO_3	亚硫酸钾	106	107	106			109		110		111	122			
$K_2SO_3 \cdot 2H_2O$	亚硫酸钾·2水	106		107			108	109	110	111	112	113	114		
$K_2SO_4$②	硫酸钾	7.4	10.2	11.1		13.0	14.8	16.6	18.2	19.8	21.4	22.4	24.1	30.6	
$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$	硫酸铝钾·24水	3.0	4.0	5.0		8.4	11.7	17.0	24.8	40.0	71.0	109	—		
$K_2S_2O_5$	焦亚硫酸钾	28.4	36.2	44.7	48.8		64.0		83.2		107	119	133		
$K_2S_2O_8$	过硫酸钾	1.7	2.9	4.8	6.1	7.6	11.4	16.8							
$La_2(SO_4)_3$	硫酸镧	3.00	2.73	2.37	2.14	1.90	1.56	1.50	1.44	1.19	0.82	0.62	0.69		
$La_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	硫酸镧·9水	3.0				1.9		1.5					0.69		
Li_2SO_4	硫酸锂	36.0	35.4	34.7	34.4	34.1	33.6	33.1	32.7	32.2	31.7	31.2	30.9	29.3	
$Li_2SO_4 \cdot H_2O$	硫酸锂·1水	35.3	35.0	34.2		33.5	32.8	32.5	31.9	31.3	30.7	30.3	29.9		
$MgSO_4$	硫酸镁	25.5	30.4	35.1	37.4	39.7	44.7	50.4	54.8	510.2	54.8		50.2	24.1	表14.2.22
$MgSO_4$	硫酸镁③	18.0	22.0	25.2	26.7	28.0	30.8	33.4	35.3	37.0	35.8	34.6	33.5		
$MgSO_4 \cdot H_2O$	硫酸镁·1水										62.9		68.3		
$MgSO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸镁·6水	28.0	29.7	30.8		31.2		33.5	35.5	37.3	39.1	40.8	42.5		
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸镁·7水	28.3	30.9	35.5		40.8	45.6		47.4				56.7		甲醇1.8,乙醇43
$MnSO_4$	硫酸亚锰④	52.9		62.9	64.5	62.9	60.0		53.6		45.6	36.4	28.8	7.2[140]	表14.2.23～24
$MnSO_4 \cdot H_2O$	硫酸亚锰·1水							58.2	55.0	52.0	48.0	42.5	34.0		
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	硫酸亚锰·4水			64.5		66.4	68.8	72.6							
$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	硫酸亚锰·5水		59.5	62.9		67.8									
$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸亚锰·7水	53.2	60.0		64.0								30.0		
Na_2SO_3	亚硫酸钠	14.4		26.1			37.4		33.2		29.0		26.6		
$NaHSO_4$	硫酸氢钠	50			28.6								100		
$NaHSO_3 \cdot 7H_2O$	硫酸氢钠·7水	13.9	20.0	26.9		36.0									
Na_2SO_4	硫酸钠	4.5	9.6	19.4	27.9	40.8	48.4	46.7	45.3	44.1	43.7	42.9	42.3		表14.2.25
$Na_2SO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸钠·7水	19.5	30	44											
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	硫酸钠·10水	5.0	9.0	19.4		40.8							42.0		
$Na_2S_2O_3$	硫代硫酸钠	52.5	61.0	70		84.7	103	170	207		249	254	266		
$Na_2S_2O_4 \cdot 2H_2O$	连二亚硫酸钠·2水	11.5	15.6	18.2											表14.2.26
$Na_2S_2O_5$	焦亚硫酸钠			65.3			71.1		79.9		88.7		100		

续表

分子式	名称	在下列温度(℃)时无水硫酸盐在100g水中的最大溶解质量/g													其他溶剂(18～25℃)/(g/100g溶剂)
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	
$Na_2S_2O_5 \cdot 7H_2O$	焦亚硫酸钠·7水	45.5													
$Nd_2(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$	硫酸铷·8	9.6		7.1		5.3	4.1	3.3	2.8	2.5		1.2	1.2		
$NH_2OH \cdot \frac{1}{2}H_2SO_4$	硫酸羟胺	32.9	36.6	41.3		44.1	48.2	52.2	56.0			68.5			
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$	硫酸铁铵	12.5	17.2				33.0	40.0		52.0					
$(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$	硫酸铝铵·24水	2.10	4.99	7.74		10.9	14.9	20.1	26.7						
$N_2H_4 \cdot H_2SO_4$	硫酸联铵			2.87	3.41	3.89	4.16	7.00	9.07		14.4				
$(NH_4)_2SO_4$	硫酸铵⑤	70.1	72.7	75.4	76.9	78.1	81.2	84.3	87.4		94.1		102	108^{106}	
$NiSO_4$	硫酸镍	28.1	33.0	38.4	41.2	44.1	48.2	52.8	56.9		66.7		69.0	123	乙二醇 10
$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸镍·6水							50.2	54.8	59.4	63.2		76.7		
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸镍·7水	27.2	32.0	35.1	39.8	42.5								43^{98}	
$PbSO_4$	硫酸铅	2.8mg	3.5mg	4.1mg		4.9mg	5.6mg	5.7mg							表 14.2.27 和表 14.2.28
Rb_2SO_4	硫酸铷	36.4	42.6	48.2		53.5	58.5	63.1	67.4		75.0		81.8		
$SrSO_4$	硫酸锶	11.3mg		11.4mg		11.4mg									
$Th(SO_4)_2$	硫酸钍	0.75		1.38		1.99	3.00	3.35	1.63		0.81		0.70		
$Th(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$	硫酸钍·4水						4.04	2.54	1.63	1.09					
$Th(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸钍·6水	1.50		1.90		2.45			6.64						
$Th(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$	硫酸钍·8水	1.00	1.25	1.62											
$Th(SO_4)_2 \cdot 9H_2O$	硫酸钍·9水	0.74	0.98	1.38		2.00	3.00	5.22							
$TlSO_4$	硫酸亚铊	2.70	3.70	4.87		6.16		10.21	10.9	12.7	14.6	16.5	18.5		
$UO_2SO_4 \cdot 3H_2O$	硫酸双氧铀·3水					151		160					238		
$Yb_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硫酸镱·8水	44.2		38.4			21.0		10.4	7.2	6.9	5.8	4.7		
$ZnSO_4$	硫酸锌										46.4	45.5	44.7		甘油 35,吡啶 12.9,液氨 0.1^{0}
$ZnSO_4 \cdot H_2O$	硫酸锌·1水	41.9		54.2				74.0			86.6	83.5	80.8		
$ZnSO_4 \cdot 6H_2O$	硫酸锌·6水						41.2	43.5							
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	硫酸锌·7水	41.9	47.0	54.4	58.0								81		甘油 35

① 表示 100mL 饱和溶液中所含该物质的质量（g）。

② 温度为 120℃、200℃时，其值分别为 26.7g 和 36.3g。

③ 温度为 120℃、140℃、160℃、170℃、180℃、190℃、200℃、220℃、240℃时，其值分别为 30.0g、24.0g、13.0g、8.0g、5.0g、2.5g、1.5g、0.8g 和 0.5g。

④ 在重水中的溶解度：温度为 100℃、110℃、120℃、138℃时，其值分别为 14.4g、29.0g、29.0g 和 4.45g。

⑤ 温度为−20℃、−15℃、−10℃、−5℃时，其值分别为 20g、57g、63g 和 68.5g。

表 14.2.22 硫酸复合盐在水中的溶解度

分子式	名称	在下列温度(℃)时无水硫酸盐在 100g 水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
$AlCs(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝铯·12 水	0.34		0.46			0.89		2.00		5.49		42.5
$AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝钾·12 水	3.0	4.0	5.9	7.2	8.4	11.7	17.0	24.8	40.0	71.0	109	154
$AlNa(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝钠·12 水	106											
$AlRb(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝铷·12 水	0.72		2.59			3.52		7.39		43.2		69.0
$CrK(SO_4)_2$	硫酸铬钾		20		25			50					
$FeK_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸亚铁钾·6 水	20			36					64			
$(NH_4)Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铝铵·12 水	2.4	5.0	7.4	10.2	10.5	14.6	19.6	26.7	37.7	53.9	98.2	121
$NH_4Ce(SO_4)_2 4H_2O$	硫酸铝铈·4 水			5.33			3.29					1.05	
$(NH_4)_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸钴铵·6 水	6.0	9.5	13.0		17.0	22.0	27.0	33.5	40.0	49.0		
$NH_4Cr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	硫酸铬铵·12 水	3.9			10.8	19.0	32.8						
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$	硫酸亚铁铵	12.5	17.2				33	40		52			
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸亚铁铵·6 水	17.8		26.9			38.5		53.4		73.0		
NH_4LiSO_4	硫酸锂铵		55.2			55.9		56.2		56.7			
$(NH_4)_2Ni(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸镍铵·6 水		3.2	5.9		7.8	11.5	14.4	17.0	19.8	25.5		
$(NH_4)_2Zn(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	硫酸锌铵·6 水	7		12.5							42		

表 14.2.23 硫代硫酸盐在水中溶解度

分子式	名称	在下列温度(℃)时无水硫酸盐在 100g 水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
$Na_2S_2O_3$	硫代硫酸钠	50.2	59.7	70.1	75.9	82.2	105	142	191		231		245
$Na_2S_2O_3 \cdot 2H_2O$	硫代硫酸钠·2 水								207				
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	硫代硫酸钠·5 水	52.5	61.0	70.0		84.7	103	170	207		249	254	266

表 14.2.24 硫酸铝在水中的溶解度

温度/℃	液相组成 $[(Al_2(SO_4)_3]$/%	固相组成,化学式	温度/℃	液相组成 $[Al_2(SO_4)_3]$/%	固相组成,化学式
−2.0	14.98	冰	10.0	27.95	
−7.0	24.22	冰+$Al_2(SO_4)_3 \cdot 27H_2O$	20.0	28.27	
−9.1	25.73	冰+m	25.0	28.29	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$
−1.9	26.01	冰+$Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$+m′	30.0	28.46	
−4.3	24.44		35.0	28.42	
−2.0	25.16	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 27H_2O$+m	40.0	28.98	
5.0	27.02		50.0	30.20	
10.0	28.42	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 27H_2O$+m	60.0	31.28	
−14.0	27.98		70.0	33.54	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$
−10.0	28.10	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$	80.0	36.46	
−5.0	27.85		90.2	40.80	
0.0	27.82		95.0	42.91	

注：m 代表处于介稳状态的 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 27H_2O$。

m′代表处于介稳状态的 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$。

表 14.2.25 硫酸钡在一些溶剂中的溶解度

(1) 乙醇中

浓度(质量分数)/%	0	10	20	30	40
S/(mg/L)	3.82	1.46	0.446	0.193	0.0553

（2）无机酸中　　单位：mg/L

项　目	浓度/(mol/L)					
	0.05	0.10	0.3	0.5	1.0	2.0
盐酸	4.3	10	29	47	67	146
硝酸	14	26	76	124	234	393

表 14.2.26　硫酸钙在无机酸和甘油中的溶解度

（1）在盐酸、硝酸和甘油中的溶解度　　单位：g/g 溶剂

名　称	盐　酸				硝　酸				甘油
浓度/(mol/L)	0.1	0.5	1.0	2.0	0.1	0.5	1.0	2.0	
S	22.96	15.75	11.51	7.61	23.36	20.37	13.09	10.27	0.052

（2）在硫酸中的溶解度　　单位：g/g 溶剂

温度/℃	浓度/(g/L 溶液)							
	0	0.5	5	50	75	100	150	300
25	2.126	2.128	2.144	2.744	2.841	2.766	2.562	1.475
35		2.210	2.458	3.404	3.507	3.616	3.090	
43	2.145	2.239	2.449	3.851	4.146	4.139	4.125	2.403

表 14.2.27　硫酸钴在甲醇和乙醇中的溶解度　　单位：g/100g 醇

名　称	硫　酸　钴				七水合硫酸钴
温度/℃	15	25	45	55	18～25
甲　醇	0.300	0.418	0.373	0.267	5.5
乙　醇	0.017	0.018	0.023	0.026	2.5

表 14.2.28　硫酸锰在有机溶剂中的溶解度　　单位：%（质量分数）

名　称	温度/℃					
	15	20	25	35	45	55
甲醇	0.190		0.114	0.064	0.043	0.029
乙醇	0.012		0.014	0.021		
乙二醇		0.5				
肼		10g/L				

表 14.2.29　硫酸锰在酸和盐中的溶解度

（1）硫酸溶液（12.6℃）

饱和溶液的密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相	饱和溶液的相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固　相
	H_2SO_4	$MnSO_4$			H_2SO_4	$MnSO_4$	
1.4817	0	36.98	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	1.3782	47.64	2.10	$MnSO_4 \cdot H_2O + MnSO_4$
1.4312	10.06	29.65	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	1.4640	52.21	0.61	$MnSO_4$
1.4181	17.45	24.93	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	1.4618	67.42	0.41	$MnSO_4 \cdot H_2SO_4 \cdot H_2O$
1.3862	23.82	18.07	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	1.6579	75.76	0.21	$MnSO_4 \cdot H_2SO_4 \cdot H_2O$
1.3628	32.21	8.03	$MnSO_4 \cdot 4H_2O + MnSO_4 \cdot H_2O$	1.7748	85.52	0.11	$MnSO_4 \cdot H_2SO_4$
1.3561	40.51	4.00	$MnSO_4 \cdot H_2O$	1.8442	99.12	0.05	$MnSO_4 \cdot 3H_2O$

(2) $(NH_4)_2SO_4$ 溶液

溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固相
$(NH_4)_2SO_4$	$MnSO_4$	
t=12.5℃		
3.17	36.90	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$+1∶1∶6
3.24	34.91	1∶1∶6
21.23	3.29	1∶1∶6
41.75	1.20	1∶1∶6+$(NH_4)_2SO_4$
t=25℃		
0	39.30	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$
3.64	38.49	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$+1∶1∶6
9.65	22.06	1∶1∶6
20.36	9.02	1∶1∶6
42.58	1.75	1∶1∶6+$(NH_4)_2SO_4$
43.40	0	$(NH_4)_2SO_4$
t=40℃		
1.76	37.39	$MnSO_4 \cdot H_2O$
7.60	31.32	2∶1
29.70	7.99	1∶1∶6
40.75	4.26	1∶1∶6
41.81	3.80	1∶1∶6+$(NH_4)_2SO_4$
t=50℃		
0	36.26	$MnSO_4 \cdot H_2O$
5.14	30.57	2∶1
35.98	6.92	2∶1
43.24	5.70	2∶1+$(NH_4)_2SO_4$
45.70	0	$(NH_4)_2SO_4$
t=100℃		
3.45	25.96	$MnSO_4 \cdot H_2O$+2∶1
5.49	18.47	2∶1
10.62	10.04	2∶1
39.19	2.83	2∶1
50.15	1.66	2∶1+$(NH_4)_2SO_4$

注：1∶1∶6=$MnSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$；2∶1=$2MnSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$。

(3) Na_2SO_4 溶液

① *t*=11～50℃

温度/℃	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固相
	Na_2SO_4	$MnSO_4$	
11	7.52	33.50	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$+1∶1∶2
11	10.42	29.00	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$+1∶1∶2
25	28.64	8.62	1∶3
30	27.64	6.40	1∶3+$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
41	7.52	32.28	$MnSO_4 \cdot H_2O$+1∶1∶2
41	18.09	17.13	1∶3+1∶1∶2
41	24.73	7.93	1∶3
41	34.38	2.50	1∶3+Na_2SO_4
50	0.0	37.30	$MnSO_4 \cdot H_2O$
50	4.70	33.22	$MnSO_4 \cdot H_2O$
50	7.09	31.60	$MnSO_4 \cdot H_2O$
50	8.57	30.95	$MnSO_4 \cdot H_2O$
50	9.95	210.25	1∶1∶2
50	12.45	24.89	1∶1∶2
50	13.59	22.42	1∶1∶2
50	16.42	18.33	1∶1∶2
50	17.17	17.53	1∶1∶2+1∶3
50	18.62	14.91	1∶3
50	20.78	11.59	1∶3
50	23.04	7.84	1∶3
50	25.99	5.16	1∶3
50	27.76	3.09	1∶3
50	30.20	2.68	1∶1∶3+Na_2SO_4
50	31.80	0.0	Na_2SO_4

② *t*=70℃

饱和溶液的相对密度	溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固相
	Na_2SO_4	$MnSO_4$	
1.216	0.0	28.49	$MnSO_4 \cdot H_2O$
1.244	2.16	26.48	$MnSO_4 \cdot H_2O$
1.275	4.91	24.60	$MnSO_4 \cdot H_2O$
—	11.42	22.84	$MnSO_4 \cdot H_2O$
—	11.94	22.81	$MnSO_4 \cdot H_2O$+1∶1∶2
1.326	12.64	22.09	$Na_2SO_4 \cdot H_2O$+1∶1∶2
1.317	13.13	21.41	1∶1∶2
1.329	13.70	20.49	1∶1∶2
1.339	14.72	110.25	1∶1∶2+1∶3
1.304	14.89	18.54	1∶3
1.263	15.93	14.77	1∶3
1.249	16.87	12.48	1∶3
1.241	17.90	10.42	1∶3
1.216	19.43	6.79	1∶3
1.215	23.53	2.58	1∶3
—	25.38	1.41	1∶3
1.230	29.54	0.69	1∶3+Na_2SO_4
1.237	29.85	0.0	Na_2SO_4

注：1∶1∶2=$MnSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 2H_2O$；1∶3=$MnSO_4 \cdot 3NaSO_4$。

表 14.2.30　硫酸钠在有机溶剂中的溶解度　　　单位：%（摩尔分数）

名　称	温度/℃			
	20	30	40	50
甲醇	0.00555	0.00544	0.00523	0.00514
乙醇	0.00143	0.00154	0.00156	0.00114
2-丙醇	0.00089	0.00094	0.00093	0.00074

表 14.2.31　连二亚硫酸钠在一些溶液中的溶解度　　　单位：g/L

名称	溶剂浓度(质量分数)/%													
	0	1	2.5	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	≥85
NaCl	274.0			229.6	179.6	138.0	102.0	72.0						
NaOH	274.0	194.8	166.3	133.1	87.4		31.1		5.2	1.5				
乙醇							98.80		52.70	28.60	15.70	5.46	1.16	0.15

表 14.2.32　硫酸铅在无机酸中的溶解度

（1）盐酸　　　单位：g Pb/100L HCl

温度/℃	H_2O	浓度/(mol/L)			
		0.1	0.2	0.3	0.4
18	2.60	19.00	35.70	55.37	75.27
25	3.00	22.18	42.88	65.15	84.04
37	3.80	28.04	54.50	84.04	111.90

（2）硫酸（18℃）

浓度/(g/L)	0	0.005	0.01	0.02	0.04	0.049	0.04904
S/(g/L)	0.0382	0.0332	0.0305	0.0241	0.0155	0.0130	0.0052

浓硫酸

浓度/%	98	99	100
S/(g/100g 酸)	0.53	1.45	4.17

发烟硫酸

浓度 SO_3/%	5	15
S/(g/100g 酸)	3.54	8.23

（3）硫酸（0℃）　　　单位：%

溶液		不溶物		固相	溶液		不溶物		固相
H_2SO_4	$PbSO_4$	H_2SO_4	$PbSO_4$		H_2SO_4	$PbSO_4$	H_2SO_4	$PbSO_4$	
97.2	0.3	81.1	15.6	$PbSO_4+H_2SO_4$	89.0	0.0	86.9	—	$H_2SO_4\cdot H_2O$
97.0	0.0	—	—	H_2SO_4	79.6	0.0	—	—	$PbSO_4+H_2SO_4$
95.8	0.0	39.6	59.1	$PbSO_4$	79.7	0.0	—	—	$H_2SO_4\cdot H_2O$
89.4	0.0	29.1	67.3	$PbSO_4$	76.8	0.0	38.7	50.6	$PbSO_4$
89.0	0.0	—	—	$PbSO_4+H_2SO_4\cdot H_2O$	51.2	0.0	18.2	63.7	$PbSO_4$

（4）硝酸（18℃）

硝酸浓度/(mol/L)	H_2O	0.1	0.2	0.3	0.4
溶解度/(g Pb/100L HNO_3)	2.60	10.48	17.48	23.41	29.84

表 14.2.33　硫酸铅在氯化铀和乙酸铵中的溶解度

（1）氯化钠溶液

氯化钠浓度/(mol/L)	0	0.1	0.2	0.3	0.4
溶解度/(g Pb/100L NaCl 溶液)	2.60	11.19	18.73	26.51	33.76

（2）乙酸铵溶液

① $t=25℃$

CH_3COONH_4/(g/L)	0	7.96	15.91	31.70	53.4	106.8	213.7
$PbSO_4$/(g/L)	0.041	0.636	1.37	3.04	5.6	16.8	38.9

② $t=100℃$

CH_3COONH_4/(g/L)	280	300	320	350	370	400	450
$PbSO_4$/(g/L)	71.2	83.6	98.8	102.6	105.8	107.8	111.0

表 14.2.34 硫氰酸盐在水中的溶解度 单位：g/100g 水

名　称	浓度/℃								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
硫氰酸钠		111.5	134.9	169.1	173.7	179.7	185.3	200.8	222.5
硫氰酸钾	177		217						

表 14.2.35 一些硫酸盐在有机溶剂中的溶解度 单位：g/100g 溶剂

分子式	甲　醇					乙醇	甘油	乙醚
	15℃	25℃	35℃	45℃	55℃		18～25℃	
$MgSO_4$	0.276	0.224	0.180	0.153	0.123	0.025	26	1.16
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	29.1							
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	20					2.2		
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	5.9						35	

14.2.7 冰点和沸点

表 14.2.36 硫酸钴水溶液

（1）沸点升高

浓度/(g $CoSO_4$/100g 水)	5	10	15	20	25	30
沸点升高/℃	0.127	0.273	0.408	0.550	0.714	0.916

（2）冰点下降

浓度/(g $CoSO_4$/100g 水)	10	14
冰点下降/℃	0.252	1.580

表 14.2.37 硫酸铜水溶液

（1）沸点升高

浓度/(mol/L)	0.2	0.4	0.7	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
沸点升高/℃	0.432	0.401	0.373	0.370	0.428	0.547	0.707	0.884

（2）冰点下降

浓度/(mol/L)	0.0003	0.003	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	0.75
冰点下降/℃	0.0009	0.0095	0.0535	0.1224	0.2208	0.3912	0.7287	1.3347

表 14.2.38 硫酸亚铁水溶液

（1）溶液沸点

浓度/(g $FeSO_4$/100g 水)	15	20	30	40	50	53.4
沸点/℃	100.4	100.6	100.9	101.2	101.5	101.6

（2）溶液沸点升高

浓度/(g $FeSO_4$/100g 水)	3	10	20	30	35
沸点升高/℃	0.085	0.276	0.515	0.841	1.080

（3）溶液冰点下降

浓度/(g $FeSO_4$/100g 水)	1	2	3	4	5
冰点下降/℃	0.154	0.310	0.435	0.544	0.651

表 14.2.39　三碱式硫酸镍水溶液

（1）沸点升高

浓度/(g $NiSO_4$/100g 水)	3	6	10	20	30	40
沸点升高/℃	0.101	0.177	0.298	0.626	1.060	2.032

（2）冰点下降

浓度/(g $NiSO_4$/100g 水)	0.005	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	15
冰点下降/℃	0.001187	0.01026	0.01935	0.03543	0.08154	0.1958	0.3062	0.678	1.423	1.733

表 14.2.40　七水合硫酸锌溶液

（1）溶液沸点

沸点/℃	浓度/(g $ZnSO_4$/100g 水)	沸点/℃	浓度/(g $ZnSO_4$/100g 水)
100.5	13.1	102.5	53.9
101.0	25.0	103.0	61.0
101.5	37.7	104.0	74.9
102.0	45.4	105.0	85.7

（2）溶液沸点升高（压强 99kPa）

浓度/(g $ZnSO_4$/100g 水)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
沸点升高/℃	0.137	0.263	0.387	0.524	0.689	0.879	1.112	1.390	1.706

（3）冰点下降

项　目	浓度/(mol $ZnSO_4$/100mol 水)					
	0.0001	0.001	0.01	0.05	0.1	1.0
冰点下降值/℃	0.0002	0.0083	0.0298	0.092	0.190	1.733
冰点下降值/(℃/mol)	3.990	2.124	2.831	1.846	1.891	1.757

14.2.8　蒸　气　压

表 14.2.41　硫酸盐的蒸气压　　单位：kPa

分子式	温度/℃						
	10	15	20	25	30	40	50
$(NH_4)_2SO_4$	0.9719	1.3546	1.8958	2.5998	3.3624	5.7755	9.5900
$MgSO_4\cdot 7H_2O$		0.6666	0.9733	1.5332	2.4265	5.0262	9.3325[48]

14.2.9　比　热　容

硫酸盐的定压摩尔比热容计算式（p=101.3kPa）：

$$c_p = A + 0.001BT + 10^5 C/T^2 + 10^{-6} DT^2 \quad J/(mol\cdot K)$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 见表 14.2.42。

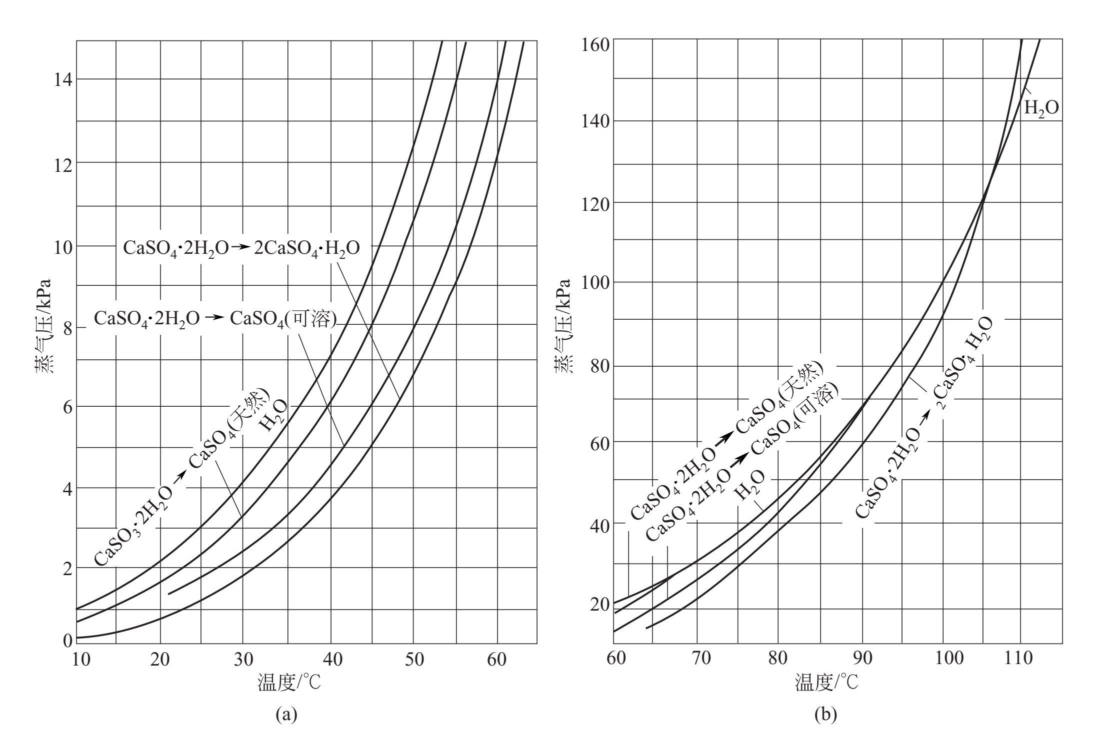


图 14.1 硫酸钙水合物的蒸气压

表 14.2.42 硫酸盐的定压摩尔比热容计算常数

名 称	形 态	适用温度/K	*A*	*B*	*C*	*D*	h_0	s_0
$CaSO_4$	固	298～1200	70.26	98.81	0	0	−1460	−321.4
$CuSO_4$	固	298～1078	73.46	153.0	−12.32	−71.64	−802.7	−358.5
$FeSO_4$	固	298～944	156.4	9.031	−118.7	19.89	−1017	−840.6
Na_2SO_4	固-1	522～980	145.1	54.63	0	0	−1428	−685.7
Na_2SO_4	固-5	298～552	82.38	154.5	0	0	−1420	−365.6

表 14.2.43 硫酸盐的比热容 单位：kJ/(kg・K)

(1)

名 称	温度/K											
	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$BeSO_4$							0.0015	0.0044	0.0077	0.0112	0.0151	0.0192
$CoSO_4 \cdot 2H_2O$											0.0130	0.0227
$CoSO_4$	0.0036	0.0048	0.0051	0.0059	0.0151	0.0323	0.0550	0.1005				
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$									0.0342	0.0440	0.0542	0.0648
Hg_2SO_4				0.0008	0.0016	0.0057	0.0115	0.0179	0.0246	0.0311	0.0369	0.0427
Na_2SO_4									0.0060	0.0137	0.0219	0.0304
$NaSO_4 \cdot 10H_2O$										0.0078		0.0130

名 称	温度/K											
	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300
$Al_2(SO_4)_3$			0.1250	0.1971	0.2676	0.3342	0.3965	0.4539	0.5079	0.5584	0.6685	0.7620
$BaSO_4$	0.0656	0.0991	0.1584	0.2075	0.2462	0.2759	0.2998	0.3206	0.3402	0.3592	0.4008	0.4339
$BeSO_4$	0.0436	0.0728	0.1406	0.2118	0.2799	0.3437	0.4045	0.4635	0.5214	0.5778	0.7058	0.8200
$CaSO_4$			0.1718	0.2618	0.3370	0.4008	0.4562	0.5048	0.5481	0.5870	0.6662	0.7525
$CdSO_4$											0.816^{273}	0.850
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	0.0737	0.1293	0.2476	0.3639	0.4675	0.5550	0.6312	0.7008	0.7671	0.8312	0.9712	1.0937

续表

名　称	温度/K											
	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.1227	0.1863	0.3218	0.4490	0.5608	0.6614	0.7573	0.8507	0.9410	1.0274	1.2309	1.4299
K_2SO_4			0.2982	0.3881	0.4541	0.5030	0.5411	0.5728	0.6014	0.6290	0.6965	0.7476
$MgSO_4$*	3.3400	3.5000	3.6600	3.6500	3.5400	3.5600	3.6300	3.7300	3.8600	4.0000		
Na_2SO_4	0.0784	0.1329	0.2522	0.3694	0.4688	0.5456	0.6052	0.6548	0.6997	0.7427	0.8322	0.9002
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	0.0327	0.0543	0.1005	0.1410	0.1744	0.2046	0.2331	0.2597	0.2841	0.3078	0.3687	0.4361
$(NH_4)_2SO_4$			0.3335	0.4673	0.5988	0.7117	0.7955	0.9838	1.2560	1.3816	1.2979	1.4235

名　称	温度/K											
	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
$BaSO_4$	0.4821	0.5118	0.5318	0.5458	0.5563	0.5643	0.5705	0.5755	0.5795	0.5827	0.5853	0.5876
$BeSO_4$	0.9089	0.9743	1.0395	1.1062	1.1689	1.2297	1.2895	1.3485	1.4071	1.4654	1.5234	1.5814
$(NH_4)_2SO_4$	1.5019	1.5607	1.6640	1.8493	1.9810	2.0624						

名　称	温度/K											
	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	1600	1623
$BaSO_4$	0.5900	0.5920	0.5929	0.5938	0.5948	0.5958	0.5966	0.5974	0.5986	0.5996	0.6004	0.6006

注：材质状态如下。

（1）$Al_2(SO_4)_3$：试件成分为 99.41%$Al_2(SO_4)_3$、0.32%H_2O 和 0.26%Al_2O_3。

（2）$BaSO_4$：试件为化学纯，两次结晶。

（3）$BeSO_4$：试件成分为＞99.889%$BeSO_4$、0.01%～0.10%Mg、0.001%～0.01%Al、0.001%～0.01%Fe 和 0.0001%～0.001%Mn。磨成细粉在 538℃下迅速加热成型。

（4）$CaSO_4$：试样中有 0.09%$CaSO_4 \cdot 2H_2O$。

（5）$CaSO_4 \cdot 2H_2O$：试件含 20.85% H_2O，为化学纯的小结晶体，在 520℃下烘烤。

（6）$CoSO_4 \cdot 7H_2O$：试样含 44.76%H_2O，为粉末状的结晶体。

（7）$FeSO_4 \cdot 7H_2O$：试件为分析试剂纯晶体，杂质有 0.01%Mn、0.005%Ni，0.004%Co 和 0.003%Cu。

（8）$HgSO_4$：试件中 $SO_4^{2-}/Hg_2SO_4=0.19316$。

（9）K_2SO_4：试件为试剂级纯度，99.7%K_2SO_4，在 140℃下烘烤几小时。

（10）Na_2SO_4：杂质＜0.10%。

（11）$(NH_4)_2SO_4$：试件纯度 99.96%，在 75℃下烘干。

（2）　　单位：kJ/(kg・K)

名　称	浓度/(mol 水/ mol 溶质)			
	25	50	100	200
硫酸镁	3.240	3.607	3.540	3.995
硫酸锌		3.525	3.812	3.987

（3）　　单位：J/(mol・K)

名　称	温度/K											
	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000
硫酸锰	25.98	37.32	46.99	65.77	79.91	91.38	100.0	119.0	129.3	136.6	147.7	156.8
亚硫酸钠		53.32	66.28	87.73	101.7	112.2	120.5					

表 14.2.44　硫酸盐水溶液的比热容

（1）硫酸钠水溶液　　单位：kJ/(kg・℃)

浓度/%	温度/℃										
	15	20	40	60	70	80	90	92	94	96	98
1.5	3.814	3.818	3.856	4.015	4.191	4.480	4.886	4.962	5.024		
3	3.710	3.710	3.734	3.806	3.940	4.179	4.509				
6	3.630	3.630	3.638	3.705	3.768	3.890	4.195	4.195	4.438		
9	3.542	3.546	3.567	3.605	3.656	3.772	4.003	4.70	4.145	4.229	
12	3.517	3.517	3.521	3.576							4.354
15	3.492	3.496	3.496	3.517	3.576	3.680	3.894	3.961	4.020	4.082	

（2）硫酸铵水溶液（液温为10～15℃）

$(NH_4)_2SO_4+nH_2O$（n为水的分子数）					
水分子数 n	密度/(g/cm^3)	c_p/[kJ/(kg·K)]	水分子数 n	密度/(g/cm^3)	c_p/[kJ/(kg·K)]
30	1.1148	3.433	100	1.0420	3.869
50	1.0074	3.647	200	1.0214	4.015

（3）硫酸亚铁和硫酸钾水溶液　　单位：kJ/(kg·K)

名　称	浓度(质量分数)/%								
	1	5	10	20	25	35	45	55	65
硫酸亚铁	4.183	3.957	3.810	3.601	3.517	3.358	3.211	3.065	2.939
硫酸钾①		3.962	3.776						

① 两个数值对应的浓度分别为4.6%和8.8%。

（4）五水合硫代硫酸钠水溶液

浓度/(g/100g 水)	25	50	75	100	120	130	135	140	145.8
c_p/[kJ/(kg·K)]	3.701	3.450	3.312	3.220	3.174	3.157	3.140	3.132	3.115

14.2.10　热　导　率

表 14.2.45　硫酸盐的热导率　　单位：W/(m·K)

名　称	温度/K												
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
$CrK(SO_4)_2\cdot12H_2O$	6.847	14.251	23.642	21.294	27.498	23.820							
$ZnSO_4\cdot7H_2O$				60.32	83.52	93.69	99.07	113.17	119.13	123.27	125.17	126.88	127.80

名　称	温度/K												
	8.0	8.5	9.0	9.5	10	11	12	13	14	16	18	20	22
$ZnSO_4\cdot7H_2O$	115.13	101.66	91.45	86.95	87.55	85.00	59.40	57.57	52.97	40.68	31.85	27.08	24.17

名　称	温度/K												
	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520
KCNS			0.317	0.338	0.312	0.285	0.285	0.308	0.320	0.274			
$KHSO_4$					0.415	0.390	0.376	0.364	0.354	0.354	0.368	0.385	0.384
$NaHSO_4$					0.593	0.604	0482	0.500	0.628	0.690	0.559	0.481	0.517
NH_4HSO_4		0.494	0.424	0.400	0.395	0.392	0.381	0.364	0.355	0.350			

注：材质状态如下。

（1）$CrK(SO_4)_2\cdot2H_2O$：试件成分为10.46%Cr、0.007%Fe以及极微量的Al和Mn。试件是从一块八面晶体上割下的，能看到某些小污点和小气泡，用氮冷却。

（2）KCNS、$KHSO_4$、$NaHSO_4$、NH_4HSO_4：试件为分析纯，在熔融状态下进行测试。

（3）$ZnSO_4\cdot7H_2O$：试件中含0.25% $FeSO_4\cdot7H_2O$；其基本材料为伦琴射线光谱分析纯的单晶体，尺寸为0.4cm×0.4cm×3cm。

表 14.2.46　硫酸盐水溶液的热导率　　单位：W/(m·K)

溶　质	温度/℃	水溶液浓度(质量分数)/%							
		0	5	10	15	20	25	30	40
$Al_2(SO_4)_3$	20	0.598		0.566		0.531			
$CuSO_4$	20	0.598		0.587					
K_2SO_4	20	0.598	0.594	0.589					
$LiSO_4$	20	0.598		0.593					
$MgSO_4$	20	0.598		0.592		0.587			
Na_2SO_3	20	0.598	0.579	0.596		0.582			
Na_2SO_4	20	0.598	0.599	0.600	0.595	0.593			
Na_2SO_4	30	0.617	0.617	0.618					
$Na_2S_2O_3$	20	0.598	0.596	0.593					
$ZnSO_4$	20	0.598		0.587	0.589	0.584	0.578	0.569	0.544
$ZnSO_4$	30	0.617	0.610	0.603		0.574		0.559	

14.2.11　焓、熵和内能

硫酸盐的恒压摩尔焓、熵计算式：

$$焓\ h=h_0+0.001AT+5\times10^{-7}BT^2-100C/T+0.333\times10^{-9}DT^3\quad kJ/mol$$

$$熵\ s=s_0+A\ln T+0.001BT-50000C/T^2+5\times10^{-7}DT^2\quad J/(mol\cdot K)$$

式中，T 为温度，K；A、B、C、D 及 h_0、s_0 的数值见表 14.2.42。

表 14.2.47　硫酸钡的比焓、比熵和内能

项　目	温度/K										
	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
比焓/(kJ/mol)	1466.0	1460.6	1454.8	1448.7	1442.4	1436.0	1429.5	1422.8	1416.1	1409.4	1402.6
比熵/[J/(mol·K)]	132.9	149.6	165.1	179.4	192.7	204.9	216.3	226.9	236.8	246.1	254.9
内能/(kJ/mol)	1505.9	1513.8	1521.6	1529.8	1538.8	1548.7	15510.2	1570.3	1581.9	1594.0	1606.5
项　目	温度/K										
	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1623
比焓/(kJ/mol)	1395.8	1389.0	1382.1	1375.2	1361.4	1347.5	1333.6	1319.6	1305.6	1291.6	1288.4
比熵/[J/(mol·K)]	263.1	271.0	278.4	285.5	298.7	310.7	321.9	332.2	341.9	350.9	352.9
内能/(kJ/mol)	1619.5	1632.8	1646.6	1660.7	1689.9	1720.4	1752.0	1784.6	1818.4	1853.1	1861.2

注：比焓、内能均为负值，表中示出其绝对值。

14.2.12　熔　融　热

表 14.2.48　硫酸盐的熔融热

分 子 式	r_m/(kJ/mol)	分 子 式	r_m/(kJ/mol)	分 子 式	r_m/(kJ/mol)
Ag_2SO_4	(18.00)	$HgSO_4$	6.03	NH_4HSO_4	14.32
$BaSO_4$	40.61	K_2SO_4	33.91	Na_2SO_4	24.41
$CaSO_4$	28.05	$LiSO_4$	12.73	$PbSO_4$	40.20
$CdSO_4$	20.06	$MgSO_4$	14.65	Tl_2SO_4	23.03

14.2.13　其 他 物 性

表 14.2.49　硫酸盐水溶液的固定湿度

固　相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa	固　相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa
$CaSO_4\cdot5H_2O$	20	98	2.266	$(NH_4)_2SO_4$	25	81.1	2.546
$KHSO_4$	20	86	1.986	$(NH_4)_2SO_4$	30	81.1	3.412
$Na_2S_2O_3\cdot5H_2O$	20	78	1.800	Tl_2SO_4	108	75	100.5
$Na_2S_2O_3\cdot7H_2O$	20	95	2.200	$ZnSO_4$	104.7	84.8	102.4
$NaHSO_4\cdot H_2O$	20	52	1.204	$ZnSO_4$	5	94.7	0.813
$Na_2SO_4\cdot10H_2O$	20	93	2.146	$ZnSO_4$	20	90	2.079
$(NH_4)_2SO_4$	20	81	1.880				

表 14.2.50　硫酸盐三相点

项　目	物料名及分子式				
	硫酸铝 $Al_2(SO_4)_3'$	硫酸钙 $CaSO_4$	硫酸铜 $CuSO_4$	硫酸氢钠 $NaHSO_4$	硫酸氢铵 NH_4HSO_4
三相点温度/K	1043.2	1723.15	473.15	459.15	420.05
三相点压力/Pa	141211	—	—	—	—

续表

项目	物料名及分子式			
	硫酸镁 $MgSO_4$	硫酸钠 Na_2SO_4	连二亚硫酸钠 $Na_2S_2O_4$	硫酸锌 $ZnSO_4$
三相点温度/K	1400	1157	327.59	953
三相点压力/Pa	—	0.00210414	—	—

14.2.14 质 量 指 标

表 14.2.51 农业用硫酸钾的质量指标（GB 20406—2006）

项目		粉末结晶状			颗粒状		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
氧化钾(K_2O)/%	≥	50.0	50.0	45.0	50.0	50.0	40.0
氯离子/%	≥	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0
水分(H_2O)/%	≥	0.5	1.5	3.0	0.5	1.5	3.0
游离酸(H_2SO_4)/%	≥	1.0	1.5	2.0	10	1.5	2.0
粒度(粒径 1.00～4.75mm)/%		—	—	—	90	90	90

注：粒度也可为 3.35～5.60mm。

用途：作农业化肥，是制造钾盐的原料。也用于染料、玻璃、香料、医药、食品工业。

表 14.2.52 农业用硫酸钾的质量指标（HG/T 3279—90）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氧化钾(K_2O)(质量分数)/%	≥	50.0	45.0	33.0
氯(Cl^-)(质量分数)/%	≤	1.5	2.5	—
水分(质量分数)/%	≤	1.0	3.0	5.0
游离酸(H_2SO_4)(质量分数)/%		0.5	3.0	—
碱度(以 Na_2O 计)(质量分数)/%	≤			1.0
外观		白色或带颜色的结晶或颗粒		

用途：用作农业肥料。合格品指标仅适用于明矾石还原热解法生产的硫酸钾粗盐。

表 14.2.53 工业过硫酸钾的质量指标（GB/T 26519.2—2011）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
过硫酸钾($K_2S_2O_8$)(质量分数)/%	≥	99.0	98.5	98.0
pH 值(50g/L 溶液)		4.0～6.0	4.0～6.0	4.0～6.0
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.003
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.02	0.02	0.03
水分(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.20
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002	0.0003
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0010	0.0015	0.0020
铵盐(以 NH_4 计)(质量分数)/%	≤	0.20	0.30	0.50
外观		无色或白色三斜晶系板状或柱状结晶		

用途：主要用作消毒剂和织物漂白剂。染料及无机盐工业用作氧化剂。合成橡胶工业用作乳液聚合的引发剂。合成树脂用作聚合促进剂。另外，还用于钢铁、感光工业和医药等方面。

表 14.2.54 工业过硫酸钾的质量指标（HG/T 2155—2006）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
主含量(以 $K_2S_2O_8$ 计)(质量分数)/% ≥	99.0	98.5	98.0
pH 值(50g/L 溶液)	4.0～6.0	4.0～6.0	4.0～6.0
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003	0.004
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.010	0.020
铵盐(以 NH_4 计)(质量分数)/% ≤	0.3	0.5	0.7
水分(质量分数)/% ≤	0.15	0.20	0.30
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0003	0.0004	0.0005
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002	0.003

表 14.2.55 试剂用硫酸钾的质量指标（GB/T 16496—1996）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量(K_2SO_4)(质量分数)/% ≥	99.0	98.5	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.03	0.1
pH 值(50g/L,25℃)	5.0～8.0	5.0～8.0	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	2号	4号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0005
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0005
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	外观	无色透明结晶或粉末	

用途：用作分析试剂，如作基准试剂、凯氏定氮催化剂。还用于钾盐的制备及制药等。

表 14.2.56 试剂用过二硫酸钾的质量指标（GB/T 641—94）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
K_2SO_8 含量(质量分数)/% ≥	99.5	99.0	总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	3号	5号	锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0003
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0005
氯化物及氯酸盐(以 Cl 计) ≤	0.002	0.005	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002

用途：用作引发剂、漂白剂、氧化剂等。

表 14.2.57 试剂用焦硫酸钾的质量指标（HG/T 3441—2003）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量($K_2S_2O_7$)(质量分数)/% ≥	98.0	97.0	钙及镁(以 Ca 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
澄清度试验(HG/T 3484) ≤	2号	4号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.015	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0003	0.0005
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/% ≤	0.001	0.0015			

表 14.2.58 食用焦亚硫酸钾的质量指标（GB 25570—2010）

项目	指标	项目	指标
主含量(以 K_2SO_5 计)(质量分数)/% ≥	93.0	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	5
澄清度	通过实验	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	2
铁(Fe)/(mg/kg) ≤	10	硒(Se)/(mg/kg) ≤	5
砷(As)/(mg/kg) ≤	2	外观	白色或微黄色结晶粉末

用途：用作食品漂白剂、保存剂和抗氧化剂。

表 14.2.59 硫酸铬钾的质量指标（HG/T 2570—2009）

项目		指标 一等品	指标 合格品
硫酸铬钾 $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(质量分数)/%	≥	99.0	98.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	0.005
氯化物(Cl^-)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01
六价铬(Cr^{6+})(质量分数)/%	≤		
外观		紫色或紫红色等晶轴八面体	

用途：用于鞣革、染料和照相等。

表 14.2.60 硫氰酸钾的质量指标（GB/T 648—1993） 单位：%（质量分数）

项目		指标	项目		指标
硫氰化钾(KSCN)	≥	95	铁(Fe)	≤	0.0006
水不溶物	≤	0.1	硫酸盐(SO_4^{2-})	≤	0.08
氯化物(Cl^-)	≤	0.1	重金属(以 Pb 计)	≤	0.001
铵盐(NH_4)	≤	1	外观		无色单斜晶

用途：作退镀剂、制冷剂和印染业、农药等用。

表 14.2.61 试剂用无水硫酸钠的质量指标（GB/T 9853—2008）

项目		指标 分析纯	指标 化学纯	项目		指标 分析纯	指标 化学纯
含量(Na_2SO_4)(质量分数)/%	≥	99.0	98.0	总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～8.0	5.0～8.0	钾(K)(质量分数)/%	≤	0.01	—
澄清度试验	≤	3 号	5 号	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0015
灼烧失量(质量分数)/%	≤	0.2	0.5	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005	外观		无色透明结晶或粉末	
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002				

用途：用作分析试剂、脱水剂、蓄电池添加剂等。

表 14.2.62 工业无水硫酸钠的质量指标（GB/T 6009—2003）

项目		指标 Ⅰ类 优等品	Ⅰ类 一等品	Ⅱ类 一等品	Ⅱ类 合格品	Ⅲ类 一等品	Ⅲ类 合格品
硫酸钠(Na_2SO_4)(质量分数)/%	≥	99.3	99.0	98.0	97.0	95.0	92.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.10	0.2	—	—
钙镁(以 Mg 计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.30	0.40	0.60	—
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.12	0.35	0.70	0.9	2.0	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.002	0.002	0.010	0.040	—	—
水分/%	≤	0.10	0.20	0.50	1.0	1.5	—
白度/%	≥	85	82	82	—	—	—
外观		白色结晶颗粒					

注：Ⅰ类用于染料、洗涤剂、合成纤维、制革等行业，Ⅱ类用于造纸、玻璃、燃料等行业，Ⅲ类用于无机盐的工业原料。

用途：是生产硫化钠、硅酸钠等不可缺少的原料；此外，医药、有色冶金、瓷釉、肥皂、等行业也很需要。建筑上作水泥、灰泥硬化剂。

表 14.2.63　工业无水亚硫酸钠的质量指标（HG/T 2967—2010）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
亚硫酸钠(Na_2SO_3)(质量分数)/%	≥	97.0	93.0	90.0
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.02
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	0.03	0.05
游离碱(以 Na_2CO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.40	0.80
硫酸盐(Na_2SO_4)(质量分数)/%	≤	2.5	—	—
氯化物(NaCl)(质量分数)/%	≤	0.10	—	—
外观		白色结晶粉末		

用途：印染业脱氧和漂白，棉织物蒸煮，有机业作还原剂，在造纸、纺织、电子工业上也有多种用途。

表 14.2.64　食用无水亚硫酸钠的质量指标（GB/T 1894—2005）

项目		指标	项目		指标
外观		白色结晶粉末	重金属(以 Pb 计)	≤	0.001
亚硫酸钠(Na_2SO_3)/%	≥	96.0	游离碱(以 Na_2CO_3 计)/%	≤	0.60
铁(Fe)/%	≤	0.01	砷(以 As 计)/%	≤	0.0002
水不溶物/%	≤	0.03	澄清度		通过试验

用途：食品工业用作漂白剂、防腐剂、疏松剂、抗氧化剂。也用于医药合成。生产脱水蔬菜时用作还原剂。

表 14.2.65　试剂用偏重亚硫酸钠的质量指标（HG/T 4021—2008）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
$Na_2S_2O_5$(质量分数)/%	≥	96.0	94.0	硫代硫酸盐(S_2O_3)(质量分数)/%	≤	0.05	—
澄清度试验	≤	3号	5号	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0002
水小溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002

用途：医药工业用于生产氯仿、苯丙砜和苯甲醛。橡胶工业用做凝固剂。印染工业用作棉布漂白后的脱氯剂、棉布煮炼剂。制革工业用于皮革处理。化学工业用于生产羟基香草醛、盐酸羟胺等。感光工业用作显影剂等。食品工业用作漂白剂、防腐剂、疏松剂、抗氧化剂、护色剂及保鲜剂。

表 14.2.66　工业焦亚硫酸钠的质量指标（HG/T 2826—2008）

项目		指标	
		优等品	一等品
主含量分数(以 $Na_2S_2O_5$ 计)(质量分数)/%	≥	96.5	95.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	0.05
外观		白色或微黄色结晶粉末	
铁(以 Fe 计)(质量分数)/%	≤	0.005	0.010
砷(以 As 计)(质量分数)/%	≤	0.0001	—

表 14.2.67　食用焦亚硫酸钠的质量指标（GB 1893—1998）

项目		指标	项目		指标
主含量(以 $Na_2S_2O_5$ 计)(质量分数)/%	≥	95.0	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.001
铁(以 Fe 计)(质量分数)/%	≤	0.005	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0002
澄清度		稍有微浊	外观		白色或微黄晶粉

用途：食品业作漂白剂、防腐剂、疏松剂、抗氧化剂、护色剂及保鲜剂。

表 14.2.68　工业亚硫酸氢钠质量指标（HG/T 3814—2006）

项　目	指　标	项　目	指　标
主含量(以 SO_2 计)(质量分数)/%	64.0～67.0	砷(As)(质量分数)/%　≤	0.0002
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.03	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　≤	0.001
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%　≤	0.05	pH 值(50g/L 溶液)	4.0～5.0
铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.004		

用途：漂白剂、防腐剂、抗氧化剂、防褐变剂。

表 14.2.69　试剂用亚硫酸氢钠的质量指标（HG/T 3492—2003）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
主含量(以 SO_2 计)(质量分数)/%　≥	58.5	58.5	铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.001	0.002
澄清度试验(HG/T 3484)　≤	3 号	5 号	砷(As)(质量分数)/%　≤	0.0001	0.0002
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.005	0.01	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　≤	0.001	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/%　≤	0.01	0.02			

表 14.2.70　食用亚硫酸氢钠的质量指标（GB 25590—2010）

项　目	指　标	项　目	指　标
主含量(以 SO_2 计)(质量分数)/%	58.5～67.4	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)　≤	5
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.01	铅(Pb)/(mg/kg)　≤	2
铁(Fe)/(mg/kg)　≤	50	硒(Se)/(mg/kg)　≤	5
砷(As)/(mg/kg)　≤	2	外观	白色晶体粉末或颗粒

用途：食品工业用作漂白剂、防腐剂、抗氧化剂。医药工业用于生产安乃近和氨基比林的中间体。

表 14.2.71　无水硫代硫酸钠（大苏打）质量指标

项　目	指　标	项　目	指　标
无水硫代硫酸钠(质量分数)/%　≥	97.0	硫化物(以 S 计)(质量分数)/%　≤	0.001
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.03	铁(以 Fe 计)(质量分数)/%　≤	0.005
外观	白色粉末		

用途：用于照相定影剂、电镀、皮革、还原剂、漂染脱氯剂、硫 染剂、防白剂、消毒剂和褪色剂等工业。

表 14.2.72　工业级五水硫代硫酸钠质量指标（HG/T 2328—2006）

项　目	指　标	
	优等品	一等品
硫代硫酸钠($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)/%　≥	99.0	98.0
水不溶物/%　≤	0.01	0.03
硫化物(以 Na_2S 计)/%　≤	0.001	0.003
铁(以 Fe 计)/%　≤	0.002	0.003
氯化钠(NaCl)/%　≤	0.05	0.20
pH 值(200g/L 溶液)	6.5～9.5	6.5～9.5
外观	无色透明	无色透明

用途：用于电镀、净化用水和鞣制皮革，还用作化工业的还原剂、棉织品漂白后的脱氯剂、染毛织物的硫染剂、靛蓝染料的防白剂、纸浆脱氯剂，医药工业中用作洗涤剂、消毒剂

和褪色剂等。

表 14.2.73　照相级五水硫代硫酸钠质量指标（GB/T 10551—89）

项　目		指　标	项　目		指　标
硫代硫酸钠($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)/%	≥	99.0～101	pH 值		6.5～9.5
硫化物(以 S 计)/%	≤	0.001	铁(以 Fe 计)/%	≤	0.003
钙、镁及其他水不溶物/%	≤	0.2	水溶液外观		合格
重金属(以 Pb 计)/%	≤	0.001			

用途：用作照相行业的定影剂。

表 14.2.74　连二亚硫酸钠的质量指标（GB 1647—79）

项　目		指　标	项　目		指　标
低亚硫酸钠($Na_2S_2O_4$)/%	≥	90	砷(As)含量/%	≤	0.0001
水不溶物/%	≤	0.12	锌(Zn)含量/%	≤	0.008
重金属(以 Pb 计)/%	≤	0.02	硫化物(Na_2S)		符合标准

用途：广泛用于印染业，也用于造纸和医药。

表 14.2.75　连二亚硫酸钠的质量指标（HG 2074—2004）

项　目		指　标		
		优级品	一级品	合格品
连二亚硫酸钠($Na_2S_2O_4$)含量/%	≥	90.0	88.0	85.0
气味		无气味或略有二氧化硫气味		
溶解状态		溶于水时，澄清或微浊		

用途：印染工业中对于还原染料可用作还原剂，分散染料可用于还原清洗（两浴法），活性染料可用于剥色，丝、毛的漂白，还用于医药、选矿、硫脲及其硫化物的合成等。

表 14.2.76　食用连二亚硫酸钠（保险粉）的质量指标（HG/T 2682—2008）

项　目		指　标	项　目		指标
连二亚硫酸钠($Na_2S_2O_4$)含量(质量分数)/%	≥	88.0	砷(As)含量(质量分数)/%	≤	0.0001
澄清度		通过试验	乙二胺四乙酸二钠(EDTA)		合格
重金属(以 Pb 计)含量(质量分数)/%	≤	0.001	锌(Zn)含量(质量分数)/%	≤	0.04
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0005	甲酸盐(以 HCHO 计)含量(质量分数)/%	≤	0.05
镉(Cd)(质量分数)/%	≤	0.0002	外观		白色结晶粉末

注：以甲酸法工艺生产的不控制；以锌粉法工艺生产的不控制。

用途：食品漂白剂，防腐剂，抗氧剂。

表 14.2.77　牙膏用十二烷基硫酸钠的质量指标（QB/T 2900—2007）

项　目			指　标		
			粉状产品	针(粒)状产品	液体产品
感官指标	外观		白色或淡黄色粉状	白色或浅黄色针(粒)状	无色或浅黄色透明液体
理化指标	活性物含量/%	≥	92.0	90.0	28.0
	石油醚可溶物含量/%	≤	1.5	1.5	1.5
	硫酸钠含量(Na_2SO_4)/%	≤	2.5	2.5	1.0
	氯化钠含量(NaCl)/%	≤	0.15	0.15	0.05
	水分/%	≤	3.0	5.0	—
	pH 值(1%水溶液)		7.5～9.5	7.5～9.5	7.5～9.5
	白色(W_G)/度	≥	80	—	—
	色泽(5%水溶液)/%	≤	—	—	25
	发泡量/mm	≤	135	135	135

续表

项目		指标		
		粉状产品	针(粒)状产品	液体产品
杂质指标	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	15	15	15
	砷含量(以 As 计)/(mg/kg) ≤	5	5	5
微生物指标	细菌总数/(CFU/g) ≤	100		
	霉曲酵母菌/(CFU/g) ≤	100		
	菌群	不应检出		
	单胞菌	不应检出		
	金黄色葡萄球菌	不应检出		

表 14.2.78 硫氰酸钠的质量指标（HG/T 3812—2006）

项目	指标				
	合成级		工业级		农业级
	一级	二级	一级	二级	
硫氰酸钠(NaSCN)/% ≥	97	95	97	95	95
铁(Fe^{2+})/% ≤	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	—
氯(Cl^-)/% ≤	0.03	0.05	—	—	—
硫酸根(SO_4^{2-})/% ≤	0.05	0.075	—	—	—
其他硫化物(S^{2-})/% ≤	0.003	0.005	—	—	—
钡(Ba^{2+})/% ≤	0.0005	0.00075	—	—	—
重金属(Pb)/% ≤	0.001	0.0015	0.001	0.0015	—
碘耗(0.1mol 碘溶液)/mL ≤	0.2	0.5	0.2	0.5	—
水不溶物/% ≤	0.003	0.005	—	—	—
水分/% ≤	—	—	—	—	5
外观	白色斜方晶或粉末				

用途：用作聚丙烯纤维抽丝溶剂，还用于医药、印染、橡胶、镀镍、彩色电影、农药等工业。

表 14.2.79 试剂用硫氰酸钠的质量指标（GB/T 1268—1998）

项目	指标		
	优级纯	分析纯	化学纯
含量(NaSCN)/% ≥	99.0	98.5	98.0
碳酸盐(以 Na_2CO_3 计)/% ≤	0.2	—	—
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	2 号	4 号	6 号
水不溶物/% ≤	0.002	0.005	0.01
氯化物(Cl)/% ≤	0.005	0.01	0.02
硫化物(S)/% ≤	0.001	—	—
硫酸盐(SO_4)/% ≤	0.005	0.01	0.025
铵(NH_4)/% ≤	0.001	0.005	0.02
铁(Fe)/% ≤	0.0001	0.0001	0.0006
重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.0002	0.0005	0.001
还原碘的物质(以 I 计)/% ≤	0.05	0.1	0.2

用途：分析试剂（如钢铁中铌中的测定及测定银、铜、铁），制造有机硫氰酸盐、植物脱叶剂和除莠剂、橡胶处理剂，配制镀镍电镀液等。

表 14.2.80 工业七水硫酸镁的质量指标（HG/T 2680—2009）

项目		Ⅰ类($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)			Ⅱ类($MgSO_4 \cdot H_2O$)	
		优等品	一等品	合格品	一等品	合格品
硫酸镁(以 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 计)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	98.0	—	—
硫酸镁(以 Mg 计)(质量分数)/%	≥	—	—	—	16.5	15.7
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.20	0.30	0.50	1.50
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.002	0.003	0.005	0.01	0.02
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.10	0.10	—
水分(质量分数)/%	≤	—	—	—	6.0	—

注：Ⅰ类主要用于制革、印染、催化剂、造纸、塑料等；为白色或无色结晶颗粒或粉末；Ⅱ类主要用于防火材料、塑料和肥料等。为白色或灰色固体颗粒或粉末。

表 14.2.81 饲用七水硫酸镁的质量指标（HG 2933—2000）

项目	指标	项目	指标
硫酸镁(以 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 计)/%	≥99.0	氯化物(以 Cl 计)	≤0.014
硫酸镁(以 $MgSO_4$ 计)/%	≥9.7	澄清度试验	合格
砷(As)/%	≤0.0002	细度(通过 400μm 试验筛)/%	≥95
重金属(以 Pb 计)/%	≤0.001	外观	无色结晶或白色粉末

用途：作为饲料加工中镁的补充剂。

表 14.2.82 试剂级七水硫酸镁的质量指标（Gs/T 671—1998）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)/%	≥	99.5	99.0	99.0
pH 值(50g/L,25℃)		5.0～8.0	5.0～8.0	5.0～8.0
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2 号	4 号	6 号
水不溶物/%	≤	0.002	0.005	0.01
氯化物(Cl)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
硝酸盐(NO_3)/%	≤	0.002	—	—
铵(NH_4)/%	≤	0.002	—	—
砷(As)/%	≤	0.00005	0.0001	0.0002
钠(Na)/%	≤	0.005	0.005	0.05
钾(K)/%	≤	0.005	—	—
钙(Ca)/%	≤	0.01	0.02	0.05
锰(Mn)/%	≤	0.0005	0.001	0.005
铁(Fe)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
锶(Sr)/%	≤	0.005	—	—
重金属(以 Pb 计)/%	≤	0.0002	0.0005	0.001

用途：用作分析试剂及媒染剂。

表 14.2.83 工业硫酸铝的质量指标（HG 2225—2010）

项目		指标				
		Ⅰ类		Ⅱ类		
		固体	液体	固体		液体
				一等品	合格品	
氧化铝(Al_2O_3)(质量分数)/%	≥	17.00	6.0	15.80	15.60	6.0
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0050	0.0025	0.30	0.50	0.25
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	0.10	0.20	0.10
pH 值(10g/L 水溶液)	≥	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
外观		白色片状或块状	无色透明	浅灰绿色或浅黄色片状、块状或粒状		浅绿色或浅黄色

注：Ⅰ类产品为低铁产品，主要用于钛白粉的后处理、高档纸和催化剂载体的生产等。Ⅱ类产品为一般工业品，主要用于造纸、鞣革、木材防腐、消防材料、工业废水及生活污水的处理等。

表 14.2.84 低铁硫酸铝的质量指标（HG 132—1977）

项目		指标	项目		指标
氧化铝（Al_2O_3）/%	≥	15.7	游离酸/%	≤	无
氧化铁（以 Fe_2O_3 计）/%	≤	0.02	水不溶物/%	≤	0.05
外观		白色粉末			

用途：用于制造一般钛白粉和画报纸等的胶料、催化剂载体。还用作染料试剂、白色皮革鞣剂、食用等。

表 14.2.85 水处理用硫酸铝的质量指标（HG 2227—2004）

项目		Ⅰ型		Ⅱ型	
		固体	液体	固体	液体
氧化铝（Al_2O_3）/%	≥	15.6	7.8	15.8	7.8
铁（Fe）/%	≤	0.5	0.25	0.5	0.25
水不溶物/%	≤	0.15	0.15	0.15	0.15
pH 值（1%水溶液）	≤	3.0	3.0	3.0	3.0
砷（As）/%	≤	0.0004	0.0002	—	—
铅（Pb）/%	≤	0.001	0.0005	—	—
汞（Hg）/%	≤	0.00002	0.00001	—	—
铬[Cr（Ⅵ）]/%	≤	0.001	0.0005	—	—
镉（Cd）/%	≤	0.0002	0.0001	—	—

用途：主要用于生产给水及生活给水的絮凝净化（约占硫酸铝总量的 2/3）。

表 14.2.86 试剂用硫酸铝的质量指标（HG/T 3442—2000）

项目		指标	
		分析纯	化学纯
$A1_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O_3$（质量分数）/%	≥	99.0	99.0
pH 值（50g/L，25℃）	≥	2.5	2.5
澄清度试验（HG/T 3484）	≤	4 号	6 号
水不溶物（质量分数）/%	≤	0.02	0.05
氯化物（Cl）（质量分数）/%	≤	0.002	0.01
铵（NH_4）（质量分数）/%	≤	0.005	0.02
铁（Fe）（质量分数）/%	≤	0.003	0.01
重金属（以 Pb 计）（质量分数）/%	≤	0.001	0.002
碱金属及碱土金属（以硫酸盐计）（质量分数）/%	≤	0.25	0,5
外观		白色有光泽结晶或粉末	

表 14.2.87 工业硫酸铝钾的质量指标（HG/T 2565—2007）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
硫酸铝钾[$AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$]（干基计）（质量分数）/%	≥	99.2	98.6	97.6
铁（Fe）（干基计）（质量分数）/%	≤	0.01	0.01	0.05
重金属（以 Pb 计）（质量分数）/%	≤	0.002	0.002	0.005
砷（As）（质量分数）/%	≤	0.0002	0.0005	0.001
水不溶物（质量分数）/%	≤	0.2	0.4	0.6
水分（质量分数）/%	≤	1.0	1.5	2.0
外观		无色透明、半透明块状、粒状或晶体粉末		

用途：浑浊水的凝聚剂，造纸工业作上浆剂，与松香乳液配合提高纸的抗水强度。医药

工业用作防腐剂、收敛剂、止血剂。感光工业用作定影液和相纸的坚膜剂。印染工业用作媒染剂和防拔染工艺的防染剂。

表 14.2.88 电镀级硫酸铜的质量指标（HG/T 3592—2010）

项目		指标		项目		指标	
		优等品	一级品			优等品	一级品
硫酸铜($CuSO_4 \cdot 7H_2O$)(质量分数)/%	≥	98.0	98.0	钴(Co)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.005
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0010	镍(Ni)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.005
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005	锌(Zn)	≤	0.001	0.005
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.0005	—	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.05
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	pH 值(5%,20℃)		3.5～4.5	3.5～4.5
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.002	—	外观		蓝色结晶或粉末	

用途：用于制造氰化亚铜、氯化亚铜、氧化亚铜等铜盐。可作有机合成、香料和染料中间体的催化剂。在医药、涂料、电镀和农业中也有诸多用途。

表 14.2.89 饲用硫酸铜的质量指标（HG/T 2932—1999）

项目		指标	项目		指标
硫酸铜($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)(质量分数)/%	≥	98.5	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0004
硫酸铜(以 Cu 计)(质量分数)/%	≥	25.0	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.001
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.2	细度(通过 800μm 网孔筛)(质量分数)/%	≥	95

用途：用于农业杀虫剂、选矿药剂等。

表 14.2.90 试剂用五水合硫酸铜（Ⅱ）的质量指标（GB/T 665—2007）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
含量($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)(质量分数)/%	≥	99.0	99.0	钾(K)(质量分数)/%	≤	0.001	0.004
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	高铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.003	0.02
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	镍(Ni)(质量分数)/%	≤	0.005	0.015
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.003	0.06
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.005	0.015				

用途：点滴分析碲和锌，定氮时的催化剂，糖类分析，尿液和脑脊液检验，测定血清蛋白、全血葡萄糖、非蛋白氮，色谱分析。杀虫，媒染，防腐。单倍体育种中配制各种培养基，细菌血清检验中制备牛肉消化汤培养基。

表 14.2.91 水处理用聚合硫酸铁的质量指标（HG/T 2153—1991）

项目		指标		项目		指标	
		一等品	合格品			一等品	合格品
密度(20℃)/(g/cm^3)	≥	1.45	1.33	盐基度/%	≥	12.0	8.0
全铁/%	≤	11.0	9.0	pH 值(1%水溶液)	≥	2.0～3.0	2.0～3.0
还原性物质(以 Fe^{2+} 计)/%	≤	0.10	0.20	外观		红褐色无沉淀溶液	

注：本标准适用于以硫酸亚铁和硫酸为原料制得的液体聚合硫酸铁。

用途：广泛应用于饮用水、工业用水、各种工业废水、城市污水、污泥脱水等的净化处理。

表 14.2.92 水处理用硫酸亚铁的质量指标（GB 10531—2006）

项目		指标	
		Ⅰ类	Ⅱ类
硫酸亚铁（$FeSO_4 \cdot 7H_2O$）/%	≥	90.0	90.0
二氧化钛（TiO_2）/%	≤	0.75	1.00
水不溶物/%	≤	0.50	0.50
游离酸（以 H_2SO_4 计）	≤	1.00	—
砷（As）/%	≤	0.0001	—
铅（以 Pb 计）/%	≤	0.0005	—
外观		淡绿色或淡黄绿色结晶	

用途：Ⅰ类用于饮用水处理及铁系水处理用的生产原料；Ⅱ用于工业水、污水和废水处理。

表 14.2.93 饲用硫酸亚铁的质量指标（HG 2935—2006）

项目		指标	
		一水硫酸亚铁（$FeSO_4 \cdot H_2O$）	七水硫酸亚铁（$FeSO_4 \cdot 7H_2O$）
硫酸亚铁（以 Fe $SO_4 \cdot H_2O$ 计）（质量分数）/%	≥	91.4	—
硫酸亚铁（以 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 计）（质量分数）/%	≥	—	98.0
铁（Fe）（质量分数）/%	≥	30.0	19.7
砷（As）（质量分数）/%	≤	0.0002	0.0002
铅（Pb）（质量分数）/%	≤	0.002	0.002
细度（180μm 试验筛通过率）/%	≥	95	—
外观		灰白色粉末	蓝绿色晶体

用途：主要做饲料添加剂，补充铁元素。

表 14.2.94 试剂用七水合硫酸亚铁的质量指标（GB/T 664—93）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 含量（质量分数）/%	≥	99.0～101.0	98.0～101.0	锰（Mn）（质量分数）/%	≤	0.05	—
水不溶物（质量分数）/%	≤	0.005	0.02	高铁（Fe）（质量分数）/%	≤	0.02	0.10
氯化物（Cl）（质量分数）/%	≤	0.001	0.005	铜（Cu）（质量分数）/%	≤	0.002	0.01
总氮量（N）（质量分数）/%	≤	0.001	—	锌（Zn）（质量分数）/%	≤	0.005	0.02
磷酸盐（PO_4）（质量分数）/%	≤	0.0005	0.002	铅（Pb）（质量分数）/%	≤	0.002	0.005
砷（As）（质量分数）/%	≤	0.0002	0.0002	氨水不沉淀物（以硫酸盐计）	≤	0.05	0.2

用途：用于制墨水、铁盐、氧化铁颜料，也用作媒染剂、鞣革剂、水剂、防腐剂、消毒剂等。

表 14.2.95 聚合硫酸铁的质量指标（GB 14591—2006）

项目		指标			
		Ⅰ型液体	Ⅰ型固体	Ⅱ型液体	Ⅱ型固体
密度（20℃）/（g/cm^3）	≥	1.45	—	1.45	—
全铁/%	≤	11.0	19.0	11.0	19.0
还原性物质（以 Fe^{2+} 计）/%	≤	0.10	0.15	0.10	0.15
盐基度/%		8.0～16.0	8.0～16.0	8.0～16.0	8.0～16.0
不溶物/%	≤	0.3	0.5	0.3	0.5
pH 值（1%水溶液）		2.0～3.0	2.0～3.0	2.0～3.0	2.0～3.0
镉（Cd）/%	≤	0.0001	0.0002	—	—
汞（Hg）/%	≤	0.00001	0.00001	—	—
铬（Cr）/%	≤	0.0005	0.0005	—	—
砷（As）/%	≤	0.0001	0.0002	—	—
铅（Pb）/%	≤	0.0005	0.001	—	—

用途：用于脱色、去臭、脱水、脱油、除藻，去除水体中重金属离子，并具有去除水中放射性物质和致癌物质等多种功效，COD、BOD及色度的去除率高达90%以上。

表 14.2.96　试剂用十二水合硫酸铁（Ⅲ）铵的质量指标（GB/T 1279—2008）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量[$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$](质量分数)/% ≥	99.0	98.0	锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.005	
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.015	亚铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.005	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.002	0.01
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02	锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.003	0.01
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.001	—
镁(Mg)(质量分数)/% ≤	0.001	0.05	外观	灰紫色晶体	
钾(K)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05			

用途：测定卤素的指示剂，银量法指示剂，媒染剂，氮肥生产中测定纯碱含铁量，分析金属盐溶液的氰化物，配高铁的标准。

表 14.2.97　试剂用六水合硫酸铁（Ⅱ）铵的质量指标（GB/T 661—92）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$(质量分数)/% ≥	99.5	99.0	高铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
pH值(25℃)	3～5	3～5	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.002	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.02	锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.002	0.004
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002	氨水不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.1	0.2
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.05	—			

用途：用于高锰酸钾及重铬酸钾标准溶液的标定，配制亚铁离子标准溶液。也用作聚合催化剂等。

表 14.2.98　工业硫酸亚锡的质量指标（GB/T 23839—2009）

项　　目		Ⅰ类	Ⅱ类	项　　目	Ⅰ类	Ⅱ类
锡(质量分数)/%	以锡(Sn)计 ≥	54.7	—	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.02	0.02
	以硫酸亚锡($SnSO_4$)计 ≥	99.0	99.0	锑(Sb)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05
氯化物(以Cl计)(质量分数)/% ≤		0.005	—	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.001	0.001
酸不溶物(质量分数)/% ≤		0.005	—	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.005	0.005
碱金属和碱土金属硫酸盐(质量分数)/% ≤		0.1	—	外观	白色结晶或粉末	

用途：用于化学试剂或镀锡，还用于铝合金制品涂层氧化着色，印染工业用作媒染剂，有机溶液中双氧水去除剂等。

表 14.2.99　碱式硫酸铬的质量指标（HG/T 2678—2007）

项　　目	Ⅰ类		Ⅱ类	
	高碱度	低碱度	高碱度	低碱度
三氧化二铬(Cr_2O_3)(质量分数)/%	24～26	24～26	21～23	21～23
碱度	36～40	32～34	36～40	32～34
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.1		0.1	
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.1		0.1	
铬(Cr^{+6})(质量分数)/% ≤	0.0005		0.0005	
外观	无定形墨绿色粉状或片状物		无定形墨绿色粉状或片状物	

用途：用于鞣革与媒染。

表 14.2.100 工业硫酸镍的质量指标（HG/T 2824—2009）

项目		指标			
		Ⅰ类		Ⅱ类	
		优等品	一等品	优等品	一等品
镍(Ni)(质量分数)/%	≥	22.2	21.5	21.8	21.5
钴(Co)(质量分数)/%	≤	0.050	0.10	0.40	0.40
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0010	0.0020	0.0015	0.0015
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0010	0.0020	0.0015	0.0030
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.020	0.030	0.020	0.030
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020
锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.0010	0.0020	0.0010	0.0020
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.010	0.020	0.010	0.020
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.010	0.020	0.010	0.020
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.0030	0.0050	0.0030	0.0050
镉(Cd)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.0005	0.0003	0.0005
汞(Hg)(质量分数)/%	≤	0.0010	0.001	—	—
总铬(Cr)(质量分数)/%	≤	0.0010	0.001	—	—
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.010	0.020	0.010	0.020
外观		翠绿颗粒状结晶		翠绿颗粒状结晶	

用途：电镀工业用作电镀镍和化学镍的主要原料。印染工业用作媒染剂和生产酞菁艳蓝络合剂。医药工业作为催化剂。此外也用于制镍镉电池和生产硬质合金等。

表 14.2.101 精制硫酸镍的质量指标（GB/T 26524—2011）

项目		指标		项目		指标	
		Ⅰ类	Ⅱ类			Ⅰ类	Ⅱ类
镍(Ni)(质量分数)/%	≥	22.1	22.0	锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001
钴(Co)(质量分数)/%	≤	0.05	0.4	镉(Cd)(质量分数)/%	≤	0.0002	0.0002
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	汞(Hg)(质量分数)/%	≤	0.0003	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	总铬(Cr)(质量分数)/%	≤	0.0005	—
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.01	0.01	铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001
锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.005
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	外观		翠绿色颗粒结晶	
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005				

注：Ⅰ类主要用于镀镍等；Ⅱ类主要用于蓄电池生产。

表 14.2.102 化学试剂六水合硫酸镍（硫酸镍）的质量指标（HG/T 4020—2008）

项目		优级纯	分析纯	化学纯
$NiSO_4 \cdot 6H_2O$(质量分数)/%	≥	99.0	98.5	98.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001	0.005
硝酸盐(NO_4)(质量分数)/%	≤	0.003	0.003	0.02
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	0.05
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	0.1
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.005
钴(Co)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01	0.05
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
锌(Zn)(质量分数)/%	≤	0.002	0.01	0.05
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
外观		绿色结晶	绿色结晶	绿色结晶

用途：用于电镀及制镍镉电池和其他镍盐，也用于有机合成和生产硬化油作为涂料的

催化剂。

表 14.2.103　试剂用七水合硫酸钴的质量指标（HG/T 2631—2005）　单位：%（质量分数）

项目		指标		项目		指标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	≥	99.5	98.5	锰(Mn)	≤	0.005	0.02
水不溶物	≤	0.005	0.01	铁(Fe)	≤	0.001	0.005
氯化物(Cl)	≤	0.002	0.005	镍(Ni)	≤	0.01	0.1
总氮量(N)	≤	0.05	0.05	铜(Cu)	≤	0.001	0.005
钠(Na)	≤	0.01	0.05	锌(Zn)	≤	0.005	0.02
钙(Ca)	≤	0.005	0.025	外观		带棕黄色的红色结晶	

用途：用于钴电镀液，钴铁磁性材料、涂料催干剂，彩色瓷器的釉药．碱性蓄电池的添加剂、化学分析试剂和催化剂等。

表 14.2.104　精制硫酸钴的质量指标（GB/T 26523—2011）　单位：%（质量分数）

项目		指标		项目		指标	
		优等品	一等品			优等品	一等品
钴(Co)	≥	20.5	20.0	钙(Ca)	≤	0.005	0.05
镍(Ni)	≤	0.001	0.005	铬(Cr)	≤	0.001	0.005
锌(Zn)	≤	0.001	0.005	汞(Hg)	≤	0.001	0.005
铜(Cu)	≤	0.001	0.005	油分	≤	0.0005	0.001
铅(Pb)	≤	0.001	0.005	水不溶物	≤	0.005	0.01
镉(Cd)	≤	0.001	0.005	氯化物(Cl^-)	≤	0.005	0.01
锰(Mn)	≤	0.001	0.005	砷(As)	≤	0.001	0.005
铁(Fe)	≤	0.001	0.005	pH值		4.5～6.5	4.5～6.5
镁(Mg)	≤	0.02	0.05	外观		桃红色晶体	

用途：用于制造钴盐、涂料催干剂、钴颜料、碱性蓄电池的添加剂及电镀等。

表 14.2.105　饲用硫酸钴的质量指标（HG 3775—2005）

项目		指标	
		七水物	一水物
硫酸钴(以Co计)(质量分数)/%	≥	20.5	33.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	—
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.0005
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002
细度(通过800μm网孔筛)(质量分数)/%	≥	95	—
细度(通过280μm网孔筛)(质量分数)/%	≥	—	95
外观		粉红色结晶粉末或红棕色结晶	

用途：饲料添加剂。

表 14.2.106　工业硫酸锰的质量指标（HG/T 2962—2010）

项目		指标	项目		指标
硫酸锰($MnSO_4 \cdot H_2O$)/%	≥	98.0	水不溶物/%	≤	0.05
硫酸锰(以Mn计)/%	≥	31.8	pH		5.0～6.5
铁(Fe)/%	≤	0.004	外观		白至略带粉红色的结晶粉末
氯化物(Cl)/%	≤	0.005			

用途：用于制电解锰和锰肥，是涂料、油墨催干剂；合成脂肪酸时用作催化剂；也用于电池、冶炼催化剂、分析试剂、媒染剂、药用辅料等。

表 14.2.107　饲用硫酸锰的质量指标（HG/T 2936—1999）

项　　目	指　标	项　　目	指　标
硫酸锰($MnSO_a \cdot H_2O$)/% ≥	98.0	水不溶物/% ≤	0.05
硫酸锰(以 Mn 计)/% ≥	31.8	细度(通过 250μm 筛)/% ≥	95
砷(As)/% ≤	0.0005	外观	白至略带粉红色的结晶粉末
铅(Pb)/% ≤	0.001		

用途：畜牧业用作饲料添加剂。

表 14.2.108　试剂用一水合硫酸锰（硫酸锰）的质量指标（GB/T 15899—1995）

项　　目	分析纯	化学纯
$MnSO_4 \cdot H_2O$(质量分数)/% ≥	99.0	98.0
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0015
镍(Ni)(质量分数)/% ≤	0.02	—
锌(Zn)(质量分数)/% ≤	0.02	0.05
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.001
硫酸铵不沉淀物(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.25	0.5
还原高锰酸钾物质	合格	合格

用途：点滴分析铵、银、碲、氯酸盐、溴酸盐和高碘酸盐。媒染剂。彩釉制造。

表 14.2.109　工业沉淀硫酸钡的质量指标（GB/T 2899—2008）

项　　目	指　　标		
	优等品	一等品	合格品
硫酸钡($BaSO_4$)(以干基计)(质量分数)/% ≥	98.0	97.0	95.0
105℃挥发分(质量分数)/% ≤	0.30	0.30	0.50
水溶物(质量分数)/% ≤	0.30	0.30	0.50
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.004	0.005	—
白度/% ≥	94.0	92.0	88.0
吸油量/(g/100g)	10～30	10～30	—
pH 值(100g/L 悬浮液)	6.5～9.0	5.5～9.5	5.5～9.5
细度(孔径 45μm 试验筛余物)/% ≤	0.2	0.2	0.5
粒径分布/%			
＜10μm ≥	80	—	—
＜5μm	60	—	—
＜2μm	25	—	—

用途：是制造其他钡盐的原料。木材工业用于打底和调制印刷漆料。有机合成中作为绿颜料和色淀生产体质填料。

表 14.2.110　工业改性超细沉淀硫酸钡（HG/T 2774—2009）

项　　目	指　　标	
	一等品	合格品
硫酸钡($BaSO_4$)(以干基计)(质量分数)/% ≥	97.0	95.0
105℃挥发分(质量分数)/% ≤	0.20	0.30
水溶物(质量分数)/% ≤	0.50	0.50
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.004	0.006
白度/% ≥	95	92
吸油量/(g/100g)	20～30	20～35
pH 值(100g/L 悬浮液)	6.5～9.0	5.5～9.5
粒径		
中位粒径/μm ≤	0.5	0.6
小于 20μm(体积分数)/% ≥	99.2	99.0
外观	无定形白色粉末	无定形白色粉末

用途：可作涂料、油墨、橡胶、塑料、绝缘带的填充剂。

表 14.2.111　试剂用硫酸钡的质量指标（HG/T 3033—1999）　单位：%（质量分数）

项　　目	指标		项　　目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
盐酸可溶物　≤	0.15	0.25	铁(Fe)　≤	0.0005	0.001
灼烧失重　≤	1.5	1.5	砷(As)　≤	0.0001	0.001
氯化物(Cl)　≤	0.005	0.02	可溶性钡盐(以 Ba 计)　≤	0.0001	0.0005
可溶性硫酸盐(以 SO_4 计)　≤	0.005	0.03	重金属(以 Pb 计)　≤	0.0005	0.001
总氮量(N)　≤	0.005	0.01			

表 14.2.112　立德粉的质量指标（GB 1707—1995）　单位：%（质量分数）

项　　目	指标											
	B301			B302			B311			B312		
	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格
总锌(以 ZnS 计)　≥	99			99			99			99		
总锌量(以 ZnS 计)　≥	26			26			30			30		
氧化锌　≤	0.6	0.8	1.0	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.2	0.2	0.4
挥发物(106℃)　≤	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5
水溶物　≤	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5
筛余物(63μm)/%　≤	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05
颜色(与标准样比)	优于	近似	微差	优于	近似	微差	优于	近似	微差	优于	近似	微差
水萃取液碱度	中性			中性			中性			中性		
吸油量(g/100g)　≤	14			11			10			8.5		
消色力	105	100	95	105	100	95	105	100	95	105	100	95
遮盖力(对比率)	不低于标准样件的 5%(绝对值)											

注：立德粉的成分为 Ba_2SO_4+ZnS。

用途：作为增白剂和橡胶补强剂，并作为造纸填料和增白剂、无机白色颜料。

表 14.2.113　三碱式硫酸铅的质量指标（HG 2340—2005）

单位：%（质量分数）

项　　目	指标		
	优等品	一等品	合格品
外观	白色粉末,无明显机械杂质		白色粉末,无明显杂质,可微黄色
铅(以 PbO 计)	88.0～99.0	88.0～90.0	87.5～90.5
三氧化硫(SO_3)	7.5～8.5	7.5～8.5	7.0～9.0
加热减量　≤	0.30	0.40	0.60
筛余物(75μm 筛)　≤	0.30	0.40	080
白度　≥	90	90	—

用途：与二碱式亚磷酸铅配合使用，改善聚氯乙烯塑料制品的热稳定性能、电绝缘性和耐候性。

表 14.2.114　工业硫酸锌的质量指标（HG/T 2326—2005）

项　　目		指标					
		Ⅰ类			Ⅱ类		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
主含量	以 Zn 计(质量分数)/%　≥	35.70	35.34	34.61	22.51	22.06	20.92
	以 $ZnSO_4 \cdot H_2O$ 计(质量分数)/%　≥	98.0	97.0	95.0	—	—	—
	以 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 计(质量分数)/%　≥	—	—	—	99.0	97.0	92.0

续表

项目		指标					
		Ⅰ类			Ⅱ类		
		优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
不溶物(质量分数)/%	≤	0.020	0.050	0.10	0.020	0.050	0.10
pH 值(50g/L 溶液)	≥	4.0	4.0	—	3.0	3.0	—
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.20	0.60	—	0.20	0.60	—
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.002	0.007	0.010	0.001	0.010	0.010
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.008	0.020	0.050	0.003	0.020	0.060
锰(Mn)(质量分数)/%	≤	0.01	0.03	0.05	0.005	0.10	—
镉(Cd)(质量分数)/%	≤	0.002	0.007	0.010	0.001	0.010	—
外观		白色或微带黄色的结晶或粉末			白色或微带黄色的结晶或粉末		

用途：用于制造立德粉，并用作媒染剂、收敛剂、木材防腐剂、人造纤维凝固液。也是制造无机颜料、锌盐的主要原料。

表 14.2.115 食用硫酸锌的质量指标（GB 25579—2010）

项目			含量	
			一水物	七水物
硫酸锌	(以 $ZnSO_4 \cdot H_2O$ 计)(质量分数)/%		99.0～100.5	—
	(以 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 计)(质量分数)/%		—	99.0～108.7
酸度		≤	通过实验	
碱金属和碱土金属硫酸盐(质量分数)/%		≤	0.50	
镉(Cd)/(mg/kg)		≤	2	
铅(Pb)/(mg/kg)		≤	4	
汞(Hg)/(mg/kg)		≤	1	
硒(Se)/(mg/kg)		≤	30	
砷(As)/(mg/kg)		≤	3	
外观			白色或无色流动性粉末或粗粉	白色或无色结晶或颗粒

用途：用于食品营养增补剂，锌强化剂。

表 14.2.116 饲用硫酸锌的质量指标（HG 2934—2000）

项目		指标	
		一水硫酸锌	七水硫酸锌
硫酸锌(质量分数)/%	≥	94.7	97.3
锌(Zn)(质量分数)/%	≤	34.5	22.0
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.002	0.001
镉(Cd)(质量分数)/%	≤	0.003	0.002
筛余物(250μm 筛)(质量分数)/%	≤	95	—
筛余物(800μm 筛)(质量分数)/%	≤	—	95
外观		一水:白色粉末 七水:无色结晶	

用途：主要用在饲料加工中作为硫酸锌的补充剂。

表 14.2.117　农用硫酸锌的质量指标（HG 3277—2000）

项　　目	指　　标					
	$ZnSO_4 \cdot H_2O$			$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
锌(Zn)(质量分数)/% ≥	35.3	33.8	32.3	22.0	21.0	20.0
游离酸(以 H_2SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.02	0.010	0.015	0.02	0.005	0.010
镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.02	0.003	0.005	0.02	0.002	0.003
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.02	0.005	0.010	0.02	0.005	0.007
外观	白色或微黄色结晶或粉末			白色或微黄色结晶或粉末		

用途：消毒杀菌，可作杀虫剂。

表 14.2.118　碱式硫酸锌的质量指标（HG/T 2523—93）

项　　目	指　　标		
	优等品	一等品	合格品
主含量(以 Zn 计，干基)(质量分数)/% ≥	57.5	57.0	56.5
外观	白色粉末	白色粉末	白色粉末

注：对细度指标有特殊要求时，协商解决。

用途：用作轻型收敛剂和乳胶制品原料，配制炉甘石洗剂、皮肤保护剂，还可用于生产人造丝和催化脱硫剂。

表 14.2.119　试剂用七水合硫酸锌的质量指标（GB/T 666—93）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 含量(质量分数)/% ≥	99.5	99.0	锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0003	0.001
pH 值(50g/L，25℃)	4.4～6.0	4.4～6.0	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	3 号	5 号	铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.02	镉(Cd)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.001	0.01
总氮量(N)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002	硫化铵不沉淀物(以硫酸盐计) ≤	0.05	0.20
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.00005	0.0002			

用途：用作分析试剂、媒染剂和荧光粉的基质。

表 14.2.120　工业硫酸锆的质量指标（HG/T 3786—2005）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	一等品	合格品		一等品	合格品
锆铪氧化物合量/% ≥	33.0	32.0	二氧化钛(TiO_2)/% ≤	0.002	0.003
三氧化二铁(Fe_2O_3)/% ≤	0.01	0.02	氯化物(以 Cl 计)/% ≤	0.1	0.1
二氧化硅(SiO_2)/% ≤	0.02	0.03	外观	白色或微黄色粉末结晶	

用途：用作蛋白质的沉淀剂，白色革、皱纹革和其他革的鞣剂。

表 14.2.121 硫酸铝钾的质量指标（HG 2565—94）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
外观	无色透明、半透明块状、粒状或晶状粉末		
硫酸铝钾[$AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(干基计)]/% ≥	99.2	98.6	97.6
铁(Fe,干基计)/% ≤	0.01	0.01	0.05
重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.002	0.002	0.005
砷(As)/% ≤	0.0002	0.0005	0.001
水不溶物/% ≤	0.2	0.4	0.6
水分/% ≤	1.0	1.5	2.0

用途：用作净化浊水的助沉剂。在造纸业、感光业、印染业和电镀上也有诸多用途。

表 14.2.122 食用硫酸铝钾的质量指标（GB 1895—2004）

项目	指标	项目	指标
$AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(干基计)(质量分数)/% ≥	99.2	氟(F)(质量分数)/% ≤	0.003
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.002	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.2
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.001	水分(质量分数)/% ≤	1.0
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0002	铵盐	通过检验

用途：食品工业中与小苏打配成发酵粉，还用作膨松剂。

表 14.2.123 照相用十二水合硫酸铝钾的质量指标（HG/T 4007—2008）

项目	指标	项目	指标
硫酸铝钾[$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$](质量分数)/% ≥	99.5	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.01
澄清度试验	合格	外观	无色透明结晶或白色结晶粉末
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.005		

表 14.2.124 工业硫酸铵的质量指标（GB 535—1995）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
氮(N)含量(以干基计)/% ≥	21.0	21.0	20.5
水分(H_2O)(质量分数)/% ≤	0.2	0.3	1.0
游离酸(H_2SO_4)(质量分数)/% ≤	0.03	0.05	0.20
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.007	—	—
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.00005	—	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.005	—	—
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	—	—
外观	白色结晶,无可见机械杂物	无可见机械杂物	无可见机械杂物

注：农业用时可不检铁、砷、重金属和水不溶物含量等指标。

用途：化学工业用作双氧水和氯化铵等的生产原料，在焊接、纺织、电镀、农业上也有较多用途。

表 14.2.125 试剂用硫酸铵的质量指标（GB/T 1396—93）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$(NH_4)_2SO_4$ 含量(质量分数)/% ≥	99.0	99.0	硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
pH 值(50g/L,25℃)	4.8～6.0	4.8～6.0	磷酸盐(PO_4)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	3 号	5 号	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.00002	0.0002
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.002	0.01	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.005	—
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0005
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002

用途：用作分析试剂（沉淀剂，配置 pH 缓冲溶液）和色谱试剂。

表 14.2.126　亚硫酸铵的质量指标（HG/T 2784—1996）

亚硫酸铵			亚硫酸铵溶液		
项目	指标		项目	指标	
	一等品	合格品		一等品	合格品
一水亚硫酸铵(质量分数)/% ≥	90.0	85.0	亚硫酸铵(质量分数)/% ≥	34.0	30.0
亚硫酸氢铵或碳酸氢铵(质量分数)/% ≤	0.5	1.0	pH 值	7.8	7.5
硫酸铵(质量分数)/% ≤	5.0	7.0			
外观	白色或淡黄色结晶		外观	淡黄色溶液	

用途：用于造纸工业和生产硫代硫酸铵，用于有机合成作还原剂、磺化剂等。

表 14.2.127　试剂用过硫酸铵的质量指标（GB/T 655—94）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$(NH_4)_2S_2O_8$ 含量(质量分数)/% ≥	98.0	98.0	氯化物及氯酸盐(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002
澄清度试验(HG 3-1168) ≤	3 号	5 号	锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.00005	0.0001
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.02	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/% ≤	0.02	0.05	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001

用途：检定及测定锰，钢铁分析，氧化剂。

表 14.2.128　亚硫酸氢铵溶液的质量指标（HG/T 2785—1996）

项目	指标	项目	指标
亚硫酸氢铵与亚硫酸铵含量/% ≥	75.4	亚硫酸氢铵/亚硫酸铵比值 ≥	2.5
硫代硫酸铵含量/% ≤	0.08	外观	淡黄色溶液

用途：用作制取液态二氧化硫、保险粉等。

表 14.2.129　食用硫酸铝铵的质量指标（GB 25592—2010）

项目	指标	项目	指标
$AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$(以干基计)(质量分数)/%	99.5～100.5	水分(质量分数)/% ≤	4.0
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	20	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.20
氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤	30	砷(As)/(mg/kg) ≤	2
砷(As)/(mg/kg) ≤	30	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	10
外观	白色或无色结晶粉末或块状		

用途：缓冲剂，中和剂，膨松剂，水质净化剂，腌菜及煮、炖食品的护色剂。

表 14.2.130　食用硫酸铝铵的质量指标（HG/T 2719—1999）

项目	指标	项目	指标
铵明矾[$NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$]/% ≥	99.0(干基)	砷盐(以 As_2O_3 计)/% ≤	0.0002
附着水/% ≤	4.0	氟化物(F)/% ≤	0.003
重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.002	水不溶物/% ≤	0.20
铅(Pb)/% ≤	0.0010	硒(Se)/% ≤	0.003
外观	白色结晶粉末或透明坚硬块		

表 14.2.131 工业过硫酸铵的质量指标（GB/T 23939—2009）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
过硫酸铵[$(NH_4)_2S_2O_8$](质量分数)/% ≥	98.5	98.3	98.0
pH 值(50g/L 溶液)	3.0～5.0	3.0～5.0	3.0～5.0
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0008	0.001
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.0015	0.002
水分(质量分数)/% ≤	0.15	0.20	0.25
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.00015	0.0002
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.0015	0.002
灼烧残渣(质量分数)/% ≤	0.05	—	—
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	—	—
外观	无色单斜结晶或白色粉末状结晶		

用途：用于过硫酸盐和苯胺染料的制造。还原染料的氧化发色剂。氧化金属表面处理。有机合成工业中高分子聚合的引发剂。油的脱色和漂白，变败酵母的洗涤、脱臭，小麦的催熟剂。石油开采用于井下压裂的添加剂。

表 14.2.132 工业过硫酸铵的质量指标（HG/T 3818—2006）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
过硫酸铵[$(NH_4)_2S_2O_8$](质量分数)/% ≥	98.5	98.3	98.0
pH 值(50g/L 溶液)	3.0～5.0	3.0～5.0	3.0～5.0
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0008	0.001
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.0015	0.002
水分(质量分数)/% ≤	0.15	0.20	0.25
锰(Mn)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.00015	0.0002
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.0015	0.002

表 14.2.133 副产硫酸铵的质量指标（DL/T 808—2002）

项目	指标
总氮(N)(质量分数)/% ≥	18.0
水分(H_2O)(质量分数)/% ≤	1.5
游离酸(以 H_2SO_4 计)(质量分数)/% ≤	2.0
外观	白色或灰白色粒状或粉末状,无可见机械杂质

用途：在农业中做氮肥施用；进行复分解反应制备硫酸铵或副产碳酸钙粗品。

表 14.2.134 工业硫氰酸铵的质量指标（HG/T 2154—2004）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
硫氰酸铵(NH_4SCN)(质量分数)/% ≥	98.0	97.0	96.0
溶液(100g/L)外观	清澈,除微小絮状物外不含不溶物质	—	—
pH 值(50g/L 溶液)	4.5～6.0	4.5～6.0	—
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.06	0.06	0.13
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.04	0.07	0.15
灼烧残渣(质量分数)/% ≤	0.10	0.15	0.20
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.002	0.002	—
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0080	0.020
硫化物(以 S 计)(质量分数)/% ≤	0.0050	—	—

注：外观：白色或微红色结晶。

用途：主要用于照相、染料、农药等行业。用于抗生素的分离，印染的扩散剂，有机合成的聚合催化剂。还在分析试剂中使用。

表 14.2.135　试剂用硫氰酸铵的质量指标（GB/T 660—92）

项　　目		指　　标		项　　目		指　　标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
NH_4SCN 含量(质量分数)/%	≥	98.5	98.0	硫化物(S)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002
pH 值(25℃)		4.5～6.0	4.5～6.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	3号	5号	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0003
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001
灼烧残渣(以硫酸盐计)(质量分数)/%	≤	0.01	0.02	铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	还原碘的物质(以I计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.1

用途：检定和测定微量铁，测定银和汞等，聚合催化剂，抗生素的分离，分析农药含量，水质分析，配制硫氰酸根和标准溶液。

第 15 章　磷化物和磷酸盐

目　录

15.1 磷 化 物

表 15.1.1 磷化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AlP	磷化铝	57.96	黄	晶		4550			×					
AsP	一磷化砷	105.89	红	粉			↑ //		//	//	＋Cl S			－乙醚、氯仿；÷CS_2
Au_2P_3	三磷化二金	486.86	灰			6670					－Cl			
BP	一磷化硼	41.79	棕	粉	极稳定		着火 200		－	－	－	－		－大多数溶剂
Ca_3P_2	二磷化三钙	182.20	红	晶		2238[25]	＞1600		//		＋		－	－乙醚
Cd_3P_2	磷化镉	399.18	绿	四		5600	700				×Cl、N′		－	－乙醚
Co_2P	一磷化二钴	148.86	灰	针		6400[15]	1386		－	－	＋N			＋王水
$Co_3(PO_4)_2\cdot 8H_2O$	磷酸钴·8水	510.88	红	无定形粉		2769	200-8 H_2O		÷		＋		－	
CrP	一磷化铬	82.99	灰黑			5700[15]			－		－			＋HNO_3；＋HF
Cu_2P	一磷化二铜	158.07	灰(金属光泽)			6400	//		－	－				
Cu_3P_2	二磷化三铜	252.67	黑			6350	//		－		－Cl；＋N			
Cu_6P_2	磷化亚铜	443.38	灰黑	六		6400-800	1023		－		－Cl；＋N			
FeP	一磷化铁	86.82	灰	正		6070			－					
Fe_2P	一磷化二铁	142.68	灰蓝	晶		6560	1290		－	－	－	＋王水		
Fe_3P	磷化三铁	198.51	灰	四		7110	1100		－					＋HNO_3；＋HF
GaP	磷化镓	100.70	橙	晶	透明	4130	1477				－Cl、N			
H_4P_2	磷化二氢	65.98	无	液	易燃	1012	－99	65.2	－	－			＋	＋松节油
MnP	一磷化锰	85.91	灰			5390[21]	1190		－	－	－Cl；＋N			
Mo_2P_2	一磷化钼	253.94	灰	晶		6170	//		－		＋N*			
Ni_2P	一磷化二镍	148.36	灰	晶		6300[15]	1112		－		－			＋HNO_3；＋HF
Ni_3P_2	二磷化三镍	238.03	灰			5990			－	－	－Cl；＋N			
$(PH_2)_2$	二磷化四氢	65.99		液		1012	＜－10	58	－				＋	＋松节油
$(P_4H_2)_3$	四磷化二氢	377.81	黄	粉		1830[19]		炸 200	－	－			－	＋P_2H_4
PbP_5	五磷化铅	362.07	黑	固										
SnP	一磷化锡	149.68	银白至白		有光泽	6560	→$Sn_4P_3$415		－		＋Cl；－N			
TiP	一磷化钛	78.88	灰			3950[20]			－	－	－			

续表

分子式	名　　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
WP	一磷化钨	214.90	灰	棱		8500	在空气中着火		—		—Cl	—		+(HNO_3+HF)
WP_2	二磷化钨	245.88	黑	晶		5800	//		—	—	—Cl	+王水	—乙醚	—HF;+(HNO_3+HF)
W_4P_2	二磷化四钨	797.64	深灰			5210	//				—	—王水	—	+($NaNO_3$+Na_2CO_3)**
ZnP_2	二磷化锌	127.32	橙红	立		3000	700							
Zn_3P_2	二磷化三锌	258.09	深灰	立	毒	4550^{13}	>420	1100	//		+稀		—	÷苯

表 15.1.2　磷化物的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
磷化铝	20859-73-8	43036		易	—	—	甲	—	G,S,SJ.JS	4.3		

15.2　磷　酸　盐

15.2.1　物　性　总　览

表 15.2.1　磷酸盐的一般物性总览

分子式	名　　称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2HPO_4	酸式磷酸银	311.72	白	晶或粉	1.804		// 110		//					+磷酸
$Ag_2(PO_3)_2$	偏磷酸银	373.68	无	晶粉		6370	482		—		+N			
Ag_3PO_4	磷酸银	418.58	黄	立或粉		6370^{25}	849		0.00065^{20}		+	+NH_4OH		①
$Ag_4P_2O_7$	焦磷酸银	605.48	白	粉		5306^{8}	585		—		+N; // N,S,Cl	+NH_4OH	+KCN	—乙酸和焦磷酸钠
$Al_2(H_2PO_2)_6$	磷酸二氢铝	443.84	白	粉或块	～				++	→$AlPO_4$				
$AlPO_3$	亚磷酸铝	105.95	白	非、粉					÷					
$Al(PO_3)_3$	偏磷酸铝	263.90	白	粉		2779	1537		—			+浓沸		
$AlPO_4$	磷酸铝	121.95	无	六	1.556	2590	>1500		—		+N′Cl′	+	+	
$AlPO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸铝·2水	157.98		正	1.558	2540	>1500		—	—	+	+	—	
$Al_2(PO_3)_6$	偏磷酸铝	527.80	无	四		2779	1537		—		—浓	+浓沸		
$Al_2(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	磷酸铝·x水		白	非、粉			不熔				+	—乙酸		+Na_2CO_3**
$Al_4(P_2O_7)_3 \cdot 10H_2O$	焦磷酸铝·10水	809.92	白	非、粉					—			+		②
$BaHPO_3$	亚磷酸一氢钡	217.31	白	晶、粉					÷÷	//	+Cl			+亚磷酸、氯化铵
$BaHPO_4$	磷酸一氢钡	233.35	白	正、针	1.635	4165^{15}	410		0.015		+	÷乙酸		+磷酸铵盐

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ba(H_2PO_2)_2 \cdot H_2O$	次磷酸钡·1水	285.31	白	单	风化	2900^{17}	$-H_2O$ 100	//	29	33.3			—	
$Ba(H_2PO_4)_2$	磷酸二氢钡	331.35	白	三		2900^{4}			//	//	+			+磷酸
$Ba(PO_3)_2$	偏磷酸钡	295.28	白	粉							—;//S′			
$Ba_2P_2O_7$	焦磷酸钡	448.61	白	正		3900^{20}			0.01		+			+铵盐
$Ba_2P_2O_7 \cdot H_2O$	焦磷酸钡·1水	466.62	白	非、粉			$-H_2O$ 100		÷		+Cl、N			③
$Ba_3(PO_4)_2$	磷酸钡	601.96	白	立		4100^{16}			—		+			
$Ba_3(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸钡·2水	637.97	白	粉					—		+Cl;//S			
$Be(PO_4)_3 \cdot 3H_2O$	磷酸铍·3水	271.03	白				$-H_2O$ 100		+					
$BiPO_4$	磷酸铋	303.95	白	淀		6323	//		÷÷	÷	—N;+Cl			$+NH_4Cl$
$Bi(PO_3)_3$	偏磷酸铋	445.90	白	粉					—			$-NH_4OH$		
$Bi_4(P_2O_7)_3$	焦磷酸铋	1357.76	白	淀					—		—N			+焦磷酸钠
$CaHPO_3 \cdot \frac{3}{2}H_2O$	亚磷酸一氢钙·$\frac{3}{2}$水	147.49	白	晶 粉			$-H_2O$ 100	$-\frac{3}{2}H_2O$ 250	÷	//				$+NH_4Cl$
$CaHPO_4$	磷酸一氢钙	136.06	白	粉					—	//	+Cl、N	÷乙酸	—	$+H_2SO_3$
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸氢钙·2水	172.10	白	单	无臭 无味 1.546	2306^{16}	$-H_2O$ 109		表15.2.8		+Cl、N		—	÷稀乙酸
$Ca(H_2PO_2)_2$	磷酸二氢钙	170.06	无	单				红热 //	表15.2.8			—	—(100%)	÷稀醇
$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	磷酸二氢钙·1水	252.09	白	三、斜	≈ 1.518	2220^{16}	$-H_2O$ 109	// 200	1.8^{30}	//	+			
$CaNH_4PO_4 \cdot 7H_2O$	磷酸钙铵·7水	279.24		单		1561^{15}	//		—	//	+			
$Ca(PO_3)_2$	偏磷酸钙	198.04	白	四、粉	1.588	2820	975		—		—;//S			
$Ca_2P_2O_6 \cdot 2H_2O$	连二磷酸钙·2水	274.15		粒			$-2H_2O$ 200		—		+Cl			$+H_4P_2O_6$
$Ca_2P_2O_7$	焦磷酸钙	254.10	无	双轴	1.600	3090	1230		—		+			
$Ca_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$	焦磷酸钙·5水	344.20	白	单		2250			÷		+			$-NH_4Cl$
$Ca_3(PO_4)_2$	磷酸钙	310.18	白	非、粉	1.628	3140	1670		0.0025	//	+Cl,N;//S	+乙酸	—	④
$Cd(H_2PO_2)_2$	次磷酸镉	400.34		晶、粒				受热 //	+					
$Cd(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢镉·2水	342.43		棱		2742^{15}	// 100				+Cl		—	—乙醚
$Cd_2P_2O_7 \cdot 2H_2O$	焦磷酸镉·2水	434.80	白	粉		4965^{15}	900(无水)		—		+	—		+焦磷酸钠、NH_4OH
$Cd_3(PO_4)_2$	磷酸镉	527.18		非、淀			1500		—		+			+镉盐、铵盐溶液
$Cd_3(PO_4)_2 \cdot CdHPO_4 \cdot 2H_2O$	酸式磷酸镉·2水	1016.05	无	单斜或白粉		4060			—	—	—			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CePO_4$	磷酸铈	235.11		正、单	1.788	5220			—	—	+			
$Ce(PO_3)_3$	偏磷酸铈	377.07				3270								
$CoHPO_4\cdot3H_2O$	磷酸一氢钴·3水	208.96	紫红	团					—					+磷酸溶液
$Co(H_2PO_2)_2\cdot6H_2O$	次磷酸钴·6水	297.00	红	八	风化		受热 //		++					
$Co(H_2PO_4)_2$	磷酸二氢钴	252.90							+					
$CoHPO_3\cdot2H_2O$	磷酸一氢钴	174.96	红	针					÷					
$Co(PO_3)_2$	偏磷酸钴	216.88	蓝	非、团					+(经硫酸处理)		—S′*	+NH_4OH′		
$Co_2P_2O_7$	焦磷酸钴	291.81		非、粉								+NH_4OH		+焦磷酸钠溶液
$Co_3(PO_4)_2$	磷酸钴	366.78	红	晶		2587[25]		—	—		+NH_4OH			+H_3PO_4
$Co_3(PO_4)_2\cdot8H_2O$	磷酸钴·8水	510.91	红	粉		2760[25]	$-8H_2O$ 200	—	—					+H_3PO_4
$Co_3(PO_4)_2\cdot2H_2O$	磷酸钴·2水	402.77	粉红或紫蓝	非、粉					—	+	+NH_4OH			+钴盐溶液
$CrH_2(HPO_4)_4\cdot16H_2O$	酸式磷酸铬·16水	726.20		晶					+					
$CrPO_4\cdot3H_2O$	磷酸铬·3水	201.04	蓝绿						÷		+	+		—乙酸
$CrPO_4\cdot6H_2O$	磷酸铬·6水	255.09	紫	三		2121	$-3\frac{1}{2}H_2O$ 100		÷		+	+		—乙酸
$Cr_2O(H_2PO_2)_4\cdot4H_2O$	次磷酸铬·4水	452.04	暗绿	非、粉			$-3H_2O$ 100		+					
$Cr_2(PO_3)_6$	偏磷酸铬	577.84	绿	粉(或透明、斜)					—		—浓			
$Cr_2(PO_4)_2\cdot6H_2O$	磷酸铬·6水	402.04	绿	非、粉					÷		+	+		—乙酸
$Cr_2(PO_4)_2\cdot12H_2O$	磷酸铬·12水	510.14	紫	非、粉			$-6H_2O$ 100		÷					
$Cr_3(PO_4)_2\cdot H_2O$	磷酸亚铬·1水	363.96	蓝(空气中变绿)	非、粉							+			
$Cr_4(P_2O_7)_3$	焦磷酸铬	729.84	红绿	非、粉					—		—			
$CuHPO_3\cdot2H_2O$	亚磷酸氢铜·2水	179.56	蓝白	淀或晶、粉			//		—	—				
$CuHPO_4$	酸式磷酸铜	224.09		非、粉					—			—NH_4Cl		+磷酸、乙酸
$Cu(H_2PO_2)_2$	次磷酸铜	193.54		晶、粒			//		++					
$Cu(PO_3)_2$	偏磷酸铜	221.50	蓝白	粉					—		+浓	+		—NH_4OH
$Cu_2P_2O_7$	焦磷酸铜	301.05	绿白	非、粉					—		+			+NH_4OH
$Cu_3(PO_4)_2\cdot3H_2O$	磷酸铜·3水	431.61	蓝绿	正			//		—	÷	++	+NH_4OH	—NH_3	+磷酸,乙酸,亚硫酸
$DyPO_4\cdot5H_2O$	磷酸镝·5水	347.52	黄				$-5H_2O$ 200		—		+			
$FeHPO_3\cdot zH_2O$	酸式亚磷酸亚铁·z水		白至绿白	非、粉					÷÷					

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
$FeHPO_4 \cdot H_2O$	磷酸一氢亚铁·1水	169.85	无	针										
$Fe(H_2PO_2)_2 \cdot 6H_2O$	次磷酸亚铁·6水	293.93	绿	八					+					
$Fe(H_2PO_2)_3$	次磷酸铁	250.83	灰白	粉			//		0.043^{25}	0.083	÷			+柠檬酸钠(钾)
$Fe(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢亚铁·2水	285.85	白	晶、粉	易氧化				++				不反应	
$Fe_2(HPO_3)_3 \cdot 9H_2O$	酸式亚磷酸铁·9水	513.80	白	粉					−					
$Fe_2(H_2PO_4)_6$	磷酸二氢铁	693.60	白 粉或红色	晶、粉										
$xFeO \cdot yP_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式磷酸亚铁·z水										+Cl、S	// 热		
$xFe_2O_3 \cdot yP_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式磷酸铁·z水		棕	粉					−		+			
$FePO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸铁·2水	186.86	桃红	单、正	1.70	2870	//		−	0.67	+			−乙酸
$FePO_4 \cdot 4H_2O$	磷酸铁·4水	222.89	浅黄						−	÷	+			−乙酸
$Fe_2P_2O_7$	焦磷酸亚铁	285.65	白	非、粉					−			+过量的焦磷酸溶液或硫酸亚铁溶液		
$Fe_2(PO_3)_6$	偏磷酸铁	585.54	白	粉(或淡黄斜方棱)					−		−			+浓硫酸
$Fe_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	磷酸铁·8水	445.78	黄白	非(或灰白晶粉)					−		−磷酸	−乙酸		+稀矿物酸
$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	磷酸亚铁·8水	501.55	浅蓝	单	1.592	2580			−	−	+	−乙酸		+稀矿物酸
$Fe_4(P_2O_7)_3 \cdot 9H_2O$	焦磷酸铁·9水	907.39	黄白	粉					−		+		$+FeCl_3$	+焦磷酸钠
$HgHPO_3$	亚磷酸氢汞	280.57	白	粉			//							
HgP_6O_{18}	六偏磷酸汞	674.42	白	粉					−	−				
$Hg_2P_2O_7$	焦磷酸汞	575.13	白	淀					−		+	//		−焦磷酸钠
Hg_3PO_4	磷酸亚汞	696.74	白	非、粉			//		−	// 沸	+N	−磷酸		+硝酸亚汞
$Hg_3(PO_4)_2$	磷酸汞	791.72	黄白	晶、粉或针			//		−	÷	×Cl N		−	$+NH_4Cl$
$Hg_4P_2O_7 \cdot H_2O$	焦磷酸亚汞·1水	994.32	白	粉					−		+N;//Cl			−100℃焦磷酸钠
$Hg_6(PO_3)_6$	偏磷酸亚汞	1677.38	白	粉					−		÷			
KH_2PO_2	次磷酸钾	104.08	白	六	≈		着火		2.00^{25}	330			14.8^{25}	÷液氨;−乙醚
KH_2PO_3	亚磷酸二氢钾	120.08		单					+	++				
KH_2PO_4	磷酸二氢钾	136.08	无	四	~ 1.510	2338	256 //		表15.2.8				−	
KPO_3	偏磷酸钾	118.08	白	粉		2258	798	1320	÷	+			−	−乙酸;乙醚
K_2HPO_3	亚磷酸氢二钾	158.18	白	浆	~		//		++	++			−	
K_2HPO_4	磷酸氢二钾	174.18	白	粉	~		//		表15.2.8				÷	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
K_3PO_4	磷酸钾	212.27	白	正	腐蚀　～	2564^{17}	1340	//	表15.2.8				－	
$K_4P_2O_7$	焦磷酸钾	384.38	白	粉或块		2534	1109		187^{25}	＋			－	
$K_4P_2O_7 \cdot 3H_2O$	焦磷酸钾·3水	384.39	白	团	发光　≈	2330	$-2H_2O$ 180	$-3H_2O$ 300	＋	＋＋			－	
$K_4P_4O_{12} \cdot 2H_2O$	偏磷酸钾·2水	508.34		非、晶		2264^{15}	$-2H_2O$ 100	//	＋	83	＋			
$LiH_2PO_2 \cdot H_2O$	次磷酸锂·1水	89.95	无	单			＋		＋					
LiH_2PO_3	亚磷酸二氢锂	87.92		晶				＞100 //	＋＋	＋＋＋				
LiH_2PO_4	磷酸二氢锂	103.94	无	晶	～	2461	＞100		＋＋	＋＋＋				
$LiHPO_4$	磷酸氢二锂	109.86							÷÷					
Li_3PO_4	磷酸锂	115.80	白	正		2537^{18}	837		0.034^{18}	÷÷	＋	$+NH_4OH$		－丙酮；$+NH_4Cl$
$Li_3PO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	磷酸锂·$\frac{1}{2}$水	124.81	白	粉、粒			不熔		÷		＋＋			＋铵盐溶液
$Li_3PO_4 \cdot 12H_2O$	磷酸锂·12水	331.99	白	三		1645	100		÷÷	÷÷				
$MgHPO_3 \cdot 3H_2O$	亚磷酸氢镁·3水	158.36							0.25		＋			
$MgHPO_4 \cdot 3H_2O$	磷酸一氢镁·3水	174.33	白	斜	1.520	2130	$-H_2O$ 170		0.025		＋			
$Mg(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢镁·2水	254.31	无	晶或白粉		1560^{20}	$-H_2O$ 100	//	＋＋		＋＋		－	
$MgH_3PO_4 \cdot 3H_2O$	磷酸氢镁·3水	176.345	无	斜或白粉	无臭	2130	$-H_2O$ 205		÷		＋稀		－	
$MgHPO_4 \cdot 7H_2O$	磷酸一氢镁·7水	246.42	白	晶			//		0.31	0.20	＋		－	
$Mg(H_2PO_2)_2 \cdot 6H_2O$	次磷酸镁·6水	262.38	白	正	风化	1590^{18}	// 100		20^{25}		// N		÷	
$Mg(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢镁·2水	254.30	灰白	晶、粉					＋				//	
$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	磷酸镁铵·6水	245.44	无	正	1.496	1715	// 100		表15.2.8		＋		－	⑤
$Mg(PO_3)_2$	偏磷酸镁	182.25	白	粉					－		－			＋浓硫酸
$Mg_2P_2O_7$	焦磷酸镁	222.60	无	单	1.604	2598^{22}	1383		－	－	＋	－		
$Mg_2P_2O_7 \cdot 3H_2O$	焦磷酸镁·3水	276.65	白	非		2560	$-3H_2O$100		－	÷	＋＋Cl、N		－	＋亚硫酸和焦磷酸钠
$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$	磷酸镁·4水	334.98	白	单		1640^{15}			0.02		＋	－		$-NH_3$、铵盐
$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$	磷酸镁·7水	388.96	白	非、粉					－		＋＋		－	－乙酸
$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	磷酸镁·8水	407.05		单、棱		2410	$-5H_2O$120	$-8H_2O$ 400	－		＋N			＋柠檬酸铵
$MnHPO_3 \cdot H_2O$	亚磷酸氢锰·1水	152.93	浅红				$-H_2O$ 200		÷					$+MnCl_2$、$MnSO_4$ 水溶液

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$MnNH_4PO_4 \cdot H_2O$	磷酸锰铵·1水	185.97	白	晶					0.0031	0.05	－			＋铵盐溶液
$MnHPO_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	酸式亚磷酸锰·$\frac{1}{2}$水	143.93	红白	粉			$-\frac{1}{2}H_2O$ 200		÷					＋氯化锰、硫酸锰溶液
$MnHPO_4 \cdot 3H_2O$	磷酸一氢锰·3水	204.97	淡红	斜			$-3H_2O$ 200	//	÷ //		＋＋浓	÷乙酸	－	
$MnHP_2O_7$	酸式焦磷酸三价锰	229.90							—		÷÷Cl			＋浓盐酸，浓硫酸
$Mn(H_2PO_2)_2 \cdot H_2O$	次磷酸锰·1水	202.94	玫瑰红	单			$-H_2O>150$	//	12.5	16.6			－	
$Mn(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢锰·2水	284.94	白	四棱	毒 ≈		$-H_2O$ 100		＋＋ //				－	
$MnPO_4 \cdot H_2O$	磷酸三价锰·1水	167.93	绿灰	晶、粉			$-H_2O$ 300	//	－		＋Cl′，S*′			
$Mn(PO_3)_2$	偏磷酸锰	212.89	红白	非、粉					－		－			＋浓硫酸
$Mn(PO_3)_3$	偏磷酸三价锰	291.86							－		＋	//		
$Mn_2P_2O_7$	焦磷酸锰	283.82	玫瑰棕	单	1.704	3707[25]	1196		－		＋			
$Mn_2P_2O_7 \cdot 3H_2O$	焦磷酸锰·3水	337.88	白	无、粉					－		＋S	－丙酮		＋焦磷酸钠溶液
$Mn_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$	磷酸锰·7水	480.88	淡红	无、粉					÷÷		＋＋		÷÷	＋＋乙酸
$NaHPO_3 \cdot 5H_2O$	亚磷酸氢二钠·5水	216.04	白	正	～		53	>200 //	400	1100[48]			－	
$NaH_2PO_2 \cdot H_2O$	亚磷酸二氢钠·1水	106.04	无	单			$-H_2O$ 200		100[25]	667			＋＋＋	÷氨水
$NaH_2PO_2 \cdot 2H_2O$	次磷酸钠·2水	124.02	无	片	≈		$-H_2O$ 200	//	＋	＋＋			÷纯	＋＋甘油、热乙醇
$NaH_2PO_3 \cdot \frac{5}{2}H_2O$	亚磷酸二氢钠·$\frac{5}{2}$水	149.01		单			42	130 //	56	193[42]				
$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$	磷酸二氢钠·1水	138.00	无	正	1.485	2040	$-H_2O$ 100	// 200	表15.2.8				－	÷甲苯，乙醚，氯仿
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢钠·2水	156.01	无	正	1.463	1910	60		表15.2.8				－	
$NaH_2PO_4 \cdot 12H_2O$	磷酸二氢钠·12水	358.14	无	单	1.436	1520	$-5H_2O$ 35	$-12H_2O$ 95	表15.2.8				－	
$NaNH_4HPO_4 \cdot 4H_2O$	磷酸氢铵钠·4水	209.08	无	单	风化 1.442	1574	79 //		16.7	100			－	
Na_2HPO_4	磷酸氢二钠	141.98	白		～			//	1.63	104.1			－	
$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸氢二钠·2水	177.99		斜	1.463	2066[16]	$-2H_2O$ 95		100[50]	117[80]				
$Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$	磷酸氢二钠·7水	268.09	无	单	1.442	1679	$-5H_2O$ 48.1		185[40]	2000			－	
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	磷酸氢二钠·12水	358.17	无	单	1.436	1520	34.6	$-12H_2O$ 180	表15.2.8				－	
$Na_2H_2P_2O_6 \cdot 6H_2O$	连二磷酸二氢钠·6水	314.07	无	单	1.490	1849	$-6H_2O$ 100		2.2	20		$+NH_4OH$	－	
$Na_2H_2P_2O_7$	焦磷酸氢二钠	221.97	无	单	1.510	1862	// 220		4.5	21[40]				
$Na_2H_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$	焦磷酸氢二钠·6水	330.07	无	单	1.465	1848	220 //		6.9	36[40]				

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$NaPO_2$	次亚磷酸钠	85.96	无	晶	珍珠光泽⑥				+			−乙醚	÷纯	++热乙醇和甘油
$(NaPO_2)_6$	六偏磷酸钠	321.88	无		玻璃状块或片 ≈	2484	616 //		在温水、酸或碱溶液中易水解为正磷酸盐					−有机溶剂
$NaPO_3$	偏磷酸钠(玻璃状)	101.96	无	粉	1.485	2484^{20}	结晶>300		14.5^{25}	32.5	+	+		
$NaPO_3$	偏磷酸钠(可溶)	101.96	无		1.478	2476	628		21					
$NaPO_3$	偏磷酸钠(不溶)	101.96	无		1.510	2181	∟500		−					
$(NaPO_3)_6$	六偏磷酸钠	611.77	无	固或白粉			616		+	+				
Na_3PO_4	磷酸钠	163.94	白	晶		2536^{18}	1340		表 15.2.7					
$Na_3PO_4 \cdot 10H_2O$	磷酸钠·10水	344.69	无	晶			100							
$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	磷酸钠·12水	380.12	无	三	1.446	1640	73.4	$-12H_2O$ 100	表 15.2.8				−	$-CS_2$
$Na_3PO_4 \cdot 12WO_3 \cdot 18H_2O$	磷钨酸铂·18水	3270.39	白	晶					++					
$(NaPO_3)_3 \cdot 6H_2O$	三聚偏磷酸钠·6水	413.98	无	三	1.442		53		+					
$Na_4P_2O_7$	焦磷酸钠	265.90	白	晶、粉	1.425	2370	880		表 15.2.8		//		//	
$(NaPO_3)_6$	六聚偏磷酸钠	611.77	无	玻	1.482		640		++					
$Na_4P_2O_6 \cdot 10H_2O$	连二磷酸钠·10水	430.11		单	1.482	1823			1.5^{25}	6^{50}				
$Na_4P_2O_7$	焦磷酸钠	265.9	白	晶、粉		2530	880		++(6.23^{20})				−	
$Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$	焦磷酸钠·10水	446.00	无	单	1.452	1820	880		表 15.2.8				−	−液氯
$Na_4P_4O_{12}$	四聚偏磷酸钠	407.91	无			2476	616 //		+	+	+	+		
$Na_6P_6O_{18}$	六聚偏磷酸钠	611.86	无	玻		2484^{20}			>50					
$NH_4H_2PO_2$	次磷酸铵	83.02	无	六角鳞(白粒)	≈	2515	200	// 240	+	++			++沸	−丙酮
$NH_4H_2PO_3$	亚磷酸二氢铵	99.02	无	单	≈		123	150 //	表 15.2.8				80～100℃时生成亚磷酸铵	
$NH_4H_2PO_4$	磷酸二氢铵	115.04	无	四	1.525	1803^{19}	190		表 15.2.8				÷	−乙酸、丙酮
$NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$	磷酸镁铵·6水	245.41	无	正	1.496	1711	//		0.023		++			
$(NH_4)_2HPO_3 \cdot H_2O$	亚磷酸氢二铵·1水	134.08	无	四棱	≈		→HPO_3	100	+	++			−	
$(NH_4)_2HPO_4$	磷酸一氢铵	132.06	无	单	1.530	1619	// 155	$-(NH_4)_2$	表 15.2.8				−	−丙酮、NH_3
$(NH_4)_2H_2P_2O_6$	连二磷酸二氢铵	196.64	无	晶			170		7					
$(NH_4)_3PO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸铵·2水	185.13		棱					÷			−		
$(NH_4)_3PO_4 \cdot 3H_2O$	磷酸铵·3水	203.14	无	棱					26.1^{25}			÷NH_4OH	−	−丙酮、醚

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MnO_3$	钼磷酸铵	1876.50	黄				//		0.03^{15}	—	—N	+	—	
$(NH_4)_4P_2O_7$	焦磷酸铵	246.11	白	粉、粒					+	++				
$(NH_4)_4P_4O_{12}$	四聚偏磷酸铵	388.08	无	单		2210			÷	+				
$NiHPO_3 \cdot \frac{7}{2}H_2O$	酸式亚磷酸镍·$\frac{7}{2}$水	201.74	绿	非、粉					—					
$Ni(H_2PO_2)_2 \cdot 6H_2O$	次磷酸镍·6水	296.78	绿	等轴结晶	风化	1824	// 100		+					
$Ni(PO_3)_2$	偏磷酸镍	216.65	绿黄	晶、团					—		—			+浓硫酸
$Ni_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$	焦磷酸镍·6水	399.44	绿	粉		3930^{25}(无水物)			—	// 300	+	$+NH_4OH$		+焦磷酸铂
$Ni_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	磷酸镍·8水	510.24	绿	粉					—	—	+	—乙酸乙酯和乙酸甲酯		+铵盐溶液
$Ni_3(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$	磷酸镍·7水	492.16	苹果绿				(加热时→黄→棕)		—		+			+镍盐溶液
$PbHPO_3$	亚磷酸氢铅	287.18	白	晶、粉			//		—	—	++N;×S			÷亚磷酸
$PbHPO_4$	酸式磷酸铅	303.18	白	正、粉		5661^{15}	//		—		+N;//S	+		—乙酸;$+NH_4Cl$、盐酸
$Pb(H_2PO_2)_2$	次磷酸铅	337.18	白	晶、粉			高温 //		÷	+			—	
$PbH_2(HPO_2)_2$	次磷酸四氢铅	337.18	美丽						//					
$4PbO \cdot 2PbHPO_3 \cdot H_2O$	亚磷酸二氢铅·1水	1485.20	白	针晶、粉		6100	200℃→灰黑	450℃→黄色	—					—多数有机溶剂
$xPbO \cdot yP_2O_3 \cdot zH_2O$	碱性亚磷酸铅·z水		白	粉					—					+温热稀亚磷酸
$Pb(PO_3)_2$	偏磷酸铅	365.15	无	晶或非、粉					—		+N			
$Pb_2P_2O_7$	焦磷酸铅	588.35	白	晶粉或无正		5800^{20}	815//		—	// 沸	+N	+KOH	$+Na_2P_2O_7$	—氢氧化铵、乙酸
$Pb_2P_2O_7 \cdot H_2O$	焦磷酸铅·1水	606.40		正					—	//	+N	+		$+Na_4P_2O_7$
$Pb_3(PO_4)_2$	磷酸铅	811.55	无至白	六、粉	1.970	6900～7300	1014		0.000014^{20}	—	+N	+	—	—乙酸
PtP_2O_7	焦磷酸铂	369.19	黄绿			4856^{20}	// 600		÷÷					
$SnO_2 \cdot \frac{1}{2}P_2O_5 \cdot 5H_2O$	磷酸锡·5水	311.69		八		3980			—	—	—N			+其他无机酸
$Sn_2P_2O_7$	焦磷酸锡	411.32	白	无、粉		4009^{16}					+浓			
$Sn_3(PO_4)_2$	磷酸亚锡	546.02	白	晶、粉					—					
$SrHPO_3 \cdot H_2O$	亚磷酸一氢锶	185.62	白	晶、粉					÷÷	//				
$SmPO_4$	磷酸钐	245.41				5830^{18}								
$SrHPO_4$	磷酸一氢锶	183.60	白	正、粉	1.620	3544^{15}			—	—	+Cl、N	+磷酸		+氯化铵、硝酸铵
$Sr(H_2PO_2)_2$	次磷酸锶	217.61		平				受热//	++				—	
$Sr(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢锶·2水	317.64	白	粉					//					
$Sr(PO_3)_2$	偏磷酸锶	245.57	白	粉					—		—			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$SrP_2O_7 \cdot H_2O$	焦磷酸锶·1水	279.58	白	粉					+		+Cl、N			−乙酸、焦磷酸
$Sr_3(PO_4)_2$	磷酸锶	452.81	白	粉				//1536	−		+Cl			+磷酸、硝酸盐
$Th(PO_3)_4$	偏磷酸钍	548.04	无	正		4080^{16}								
TiP_2O_7	焦磷酸钛	221.86	无	立		3106								
Tl_3PO_4	磷酸亚铊	708.19	白	针		6890^{10}			0.5^{15}	0.67			−	÷铵盐溶液
$Tl_4P_2O_7$	焦磷酸亚铊	991.52		单		6786^{20}	>120		40					
$UO_2HPO_4 \cdot 4H_2O$	磷酸一氢双氧铀·4水	438.12	黄	四					−	−	−乙酸			+Na_2CO_3水溶液
$ZnHPO_3 \cdot \frac{5}{2}H_2O$	酸式亚磷酸锌·$\frac{5}{2}$水	190.40		晶、粉			$-\frac{5}{2}H_2O$ 250	//红热	−	÷				
$ZnHPO_4 \cdot H_2O$	磷酸一氢锌·1水	179.38							−					+磷酸溶液
$Zn(H_2PO_2)_2 \cdot H_2O$	次磷酸锌·1水	213.38	斜						+					
$Zn(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢锌·2水	295.30		三			100 //		//		+Cl			
$xZnO \cdot yP_2O_5 \cdot zH_2O$	碱式磷酸锌·z水		白	晶、粉					−					
$Zn(PO_3)_2 \cdot 4H_2O$	偏磷酸锌·4水	295.38	无	晶			$-4H_2O$红热时		−	//沸	//热			
$Zn_2P_2O_7$	焦磷酸锌	304.71	白	晶、粉		3756^{23}			−	−	+	+		⑦
$Zn_3(PO_4)_2$	磷酸锌	386.09	无	正		3998^{15}	900		−	−	+	+NH_4OH	−	−NH_3
$Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$	磷酸锌·4水	458.15	白	正	无气味 1.591	3040^{15}	(α)>105⑦、⑧		−	−	++	++NH_4OH	−乙酸	++铵盐溶液
$Zn_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	磷酸锌·8水	530.20	无	正、片		3109^{15}			−		+	+		

① 不溶于NH_3、酸式磷酸钠；溶于乙酸、磷酸、碳酸铵。

② 不溶于乙酸；溶于矿物酸、焦磷酸钠、KOH 或NH_4OH溶液。

③ 不溶于乙酸、NH_4Cl、焦磷酸钠溶液；溶于焦磷酸。

④ 不溶于丙酮，溶于亚硫酸、磷酸和铵盐。

⑤ 不溶于磷酸铵或磷酸铵钠水溶液。

⑥ 或白色粒状粉末，易潮解，强热会爆炸。与氯酸钾或其他氯化剂相混，也会爆炸。

⑦ 不溶于乙酸；溶于NH_4OH和重磷酸钠溶液。

⑧ β体的熔点高于140℃。

表 15.2.2　磷酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
亚磷酸二氢铅		41005		易	—	—	甲	—	S,P,R,G,T	4.1		
磷酸钠	10101-89-0			不	※	※		※	K		R35	S26;S36/37/39;S45

15.2.2 密 度

表 15.2.3 磷酸盐的密度 单位：g/cm^3

名 称	温度/℃			名 称	温度/℃		
	16	100	152		16	100	152
磷酸氢钙	2.892	2.886	2.881	磷酸二氢钙	2.546	2.461	2.420
二水合磷酸氢钙	2.306			一水合磷酸二氢钙	2.220	2.147	2.120

表 15.2.4 磷酸盐水溶液的密度 单位：kg/m^3

名 称	t/℃	m/%							
		1	2	4	6	8	10	12	14
KH_2PO_4	10	1007	1014	1028	1043	1057	1071	1086	1103
KH_2PO_4	20	1005	1012	1026	1040	1054	1068	1083	1100
NaH_2PO_4	25	1004	1012	1027	1042	1058	1073		
Na_2HPO_4	18	1009	1020	1043	1067				
$Na_2HPO_4\cdot 12H_2O$	15	1004	1008	1017	1025	1033	1042	1050	
$NaPO_3$	15	1009	1019	1030	1062	1085	1108		
$NaPO_3$	20	1006	1015	1030	1046	1061			
$Na_4P_2O_7$	20	1009	1019	1037					
$NH_4H_2PO_4$①	23					1044	1055	1070	1076

① 温度为 16℃、18℃、20℃、24℃、26℃、28℃ 时，其值分别为 1.087kg/m^3、1.100kg/m^3、1.112kg/m^3、1.124kg/m^3、1.137kg/m^3、1.149kg/m^3 和 1.160kg/m^3。

15.2.3 黏度和表面张力

表 15.2.5 偏磷酸钠的黏度

单位：mPa·s

温度/℃	650	700	750	800	850
η	1250	700	440	300	210

表 15.2.6 偏磷酸钠的表面张力

单位：mN/m

温度/℃	660	700	800	900	980
η	192	190	186	182	179

15.2.4 溶 解 度

表 15.2.7 磷酸盐在水中的溶解度（Ⅰ） 单位：%

分 子 式	名 称	在下列温度(℃)下无水磷酸盐的最大溶解度/%										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$K_3PO_4\cdot 8H_2O$	磷酸钾·8	43.7		49.1		57.1						
NaH_2PO_4	磷酸二氢钠	36.7	41.1	46.0	51.5	58.0	61.3	64.2	65.5	67.5	69.3	71.2
Na_3PO_4	磷酸钠	1.5	4.1	11	20	31	43	55		81		108
$NaH_2PO_2\cdot 2.5H_2O$	磷酸二氢钠				97.8							66.7

表 15.2.8 磷酸盐在水中的溶解度（Ⅱ） 单位：g/100g 水

分 子 式	名 称	在下列温度(℃)下无水磷酸盐在 100 克水中的最大溶解质量												在其他溶剂中
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	
$CaHPO_4\cdot 2H_2O$	磷酸氢钙·2 水				0.02	0.03	0.04	0.07	0.11					表 15.2.9、表 15.2.10、表 15.2.13
$Ca(H_2PO_4)_2$	磷酸二氢钙				15.4								12.5	表 15.2.12、表 15.2.13
$Ca_3(PO_4)_2$	磷酸三钙				0.0025									

续表

分子式	名称	在下列温度(℃)下无水磷酸盐在100克水中的最大溶解质量												在其他溶剂中
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	
KH_2PO_4	磷酸二氢钾	14.8	18.3	22.6	25.1	28.0	33.5	40.7	50.1	60.5	70.4	78.5	83.5	表 15.2.14
K_2HPO_4	磷酸氢二钾	85.6	120	160	168	179	211	239	262					
K_3PO_4	磷酸三钾	79.4	88.1	98.5	106	113	135		178					表 15.2.15
$K_4P_2O_7$	焦磷酸钾				184.7			205			240^{75}			
$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	磷酸镁铵·6水	23	49	52	49	46	40	40	40	37.6	19	mg		
$NaH_2PO_2 \cdot 2.5H_2O$	次磷酸钠·2.5水	56					190							
NaH_2PO_4	磷酸二氢钠								179	190	207	225	247	
$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$	磷酸二氢钠·1水	71						159			390^{83}			
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸二氢钠·2水	57.7	69.9	85.2	94.6	106	138	159	179		207		248	
Na_2HPO_4	磷酸氢二钠												102	
$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	磷酸氢二钠·2水							80.2	82.9	88.1	92.4	103		
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	磷酸氢二钠·12水	1.63	3.90	7.66	12.1	24.2	55.1	80.2	82.9		92.4		104	
Na_3PO_4	磷酸三钠	5.4	13.4	14.1	14.5	15.1	23.3	38.4	54.3	64.7	68.0	74.8	94.6	表 15.2.19
$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	磷酸钠·12水	1.5	4.1	11		20	31	43	55		81		108	
$Na_4P_2O_7$	焦磷酸钠	2.29		5.50	7.09	7.57	9.80	16.3	24.6	37.4	51.9	55.4	40.2	
$Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$	焦磷酸钠·10水	3.16	3.95	6.23		9.95	13.5	17.5	21.8		30.0		40.3	
$Na_5P_5O_{10}$	三聚磷酸钠		14.5	14.6		15.0	15.7	16.6	18.2	20.6	23.7			
$NH_4H_2PO_3$	亚磷酸二氢铵	171	178	208	231	260								
$NH_4H_2PO_4$	磷酸二氢铵	22.6	28.0	35.3	39.5	43.9	57.0	69.0	82.5	98.6	118.3	142.8	173.2	
$(NH_4)_2HPO_4$①	磷酸氢二铵	42.9	62.8	69.0	72.1	75.2	81.8	89.2	97.6	106	110	112	121	
$NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$	磷酸镁铵·6水	23		52			36	30	40	16	19	mg		
$NH_4MnPO_4 \cdot 7H_2O$	磷酸锰铵·7水									5	7	mg		
$(NH_4)_3PO_4 \cdot 3H_2O$	磷酸三铵·3水	9.40		20.3	23.8			37.7						

① 温度为120℃、160℃时，其值为184g/100g水和297g/100g水。

表 15.2.9　二水合磷酸氢钙在水和各种溶液中的溶解度

溶剂组成	饱和溶液组成				总离子浓度/(mmol/L)
	Ca/(mmol/L)	P_2O_5/(mmol/L)	Ca/P_2O_5	pH值	
水	0.723	0.514	1.410	7.15	0.0017
水	0.798	0.451	1.770	7.24	0.0017
0.001mol/L CH_3COOH	1.398	0.704	1.980	6.46	0.0028
0.003mol/L CH_3COOH	2.993	1.550	1.930	5.71	0.0060
0.005mol/L CH_3COOH	3.890	2.110	1.850	5.40	0.008
0.010mol/L CH_3COOH	7.083	3.591	1.970	4.95	0.014
0.005mol/L H_3PO_4	5.340	5.490	0.970	5.00	0.016
0.025mol/L H_3PO_4	2.690	2.890	0.956	5.60	0.008
0.003mol/L 丁二酸	4.690	2.465	1.870	5.42	0.010
0.004mol/L HCl	3.990	2.324	1.720	5.41	0.013
0.004mol/L HCl＋0.044mol/L NaCl	4.390	2.395	1.840	5.62	0.10
0.004mol/L HCl＋0.044mol/L NaCl	4.190	2.392	1.750	5.67	0.10
0.016mol/L HCl＋0.026mol/L NaCl	5.960	8.591	1.860	4.53	0.10
0.016mol/L HCl＋0.026mol/L NaCl	5.760	8.591	1.840	4.57	0.10
0.008mol/L HCl＋0.038mol/L NaCl	8.180	4.295	1.920	5.07	0.10
0.008mol/L HCl＋0.038mol/L NaCl	7.981	4.295	1.860	5.13	0.10
0.05mol/L NaCl	1.400	0.732	1.910	7.24	0.10
0.10mol/L NaCl	1.600	0.916	1.750	7.22	0.20
0.034mol/L $CaCl_2$	34.70	0.672	51.60	5.71	0.10
0.005mol/L KH_2PO_4	0.648	5.920	0.110	5.89	0.017
0.005mol/L KH_2PO_4	1.100	24.00	0.045	5.30	0.10
0.0025mol/L(A＋B)①	0.299	2.250	0.133	6.86	0.008
0.005mol/L(A＋B)①	0.249	3.940	0.063	6.80	0.015

① A表示0.6Na_2HPO_4，B表示0.6NaH_2PO_4。

表 15.2.10 $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ 在盐溶液中的溶解度（40℃）

盐类	溶解度/(mol/L)			盐类	溶解度/(mol/L)			盐类	溶解度/(mol/L)		
	盐	Ca	总磷		盐	Ca	总磷		盐	Ca	总磷
—	0	0.00241	0.00500	NaCl	0.04	0.00252	0.00490	Na_2SO_4	0.095	0.00492	0.00977
—	0	0.00250	0.00672	NaCl	0.10	0.00311	0.00550	Na_2SO_4	0.190	0.00597	0.01110
—	0	0.00332	0.00852	NaCl	0.20	0.00388	0.00645	Na_2SO_4	0.380	0.00769	0.01290
KCl	0.10	0.00401	0.00826	NaCl	0.40	0.00516	0.00772	$MgSO_4$	0.018	0.00507	0.00476
KCl	0.40	0.00548	0.00904	NaCl	0.80	0.00641	0.00908	$MgSO_4$	0.045	0.00780	0.00630
KCl	1.00	0.00688	0.01160	NaCl	1.00	0.00711	0.00992	$MgSO_4$	0.089	0.01350	0.00778

注：溶液中的 pH＝5.36～6.06

表 15.2.11 磷酸三钙在各种盐溶液中的溶解度

盐类	溶解度/(g盐/100g水)	$Ca_3(PO_4)_2$/(g/L)	盐类	溶解度/(g盐/100g水)	$Ca_3(PO_4)_2$/(g/L)
水	—	0.228	$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	浓	1.154
NH_4Cl	45.74	1.371	$MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot MgCL_2 \cdot 6H_2O$	70.95	1.777
NH_4Cl	浓	1.293	$MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$	浓	2.491
$(NH_4)_2SO_4$	56.5	2.413	K_2SO_4	74.5	4.904
$(NH_4)_2SO_4$	浓	5.885	K_2SO_4	浓	4.765
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	86.9	1.287	NaCl	50	1.321
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	浓	2.892	NaCl	浓	0.641
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	105.3	1.973	$NaNO_3$	72.7	1.583
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	浓	3.600	$NaNO_3$	浓	0.864
$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	79.2	1.577	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	137.7	2.491
$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	浓	1.154	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	浓	3.227

注：温度为 14℃，(含氨、CO_2) 压强为 200kPa。

表 15.2.12 磷酸二氢钙在水溶液中的水解率

100g H_2O 中 $Ca(H_2PO_4)_2$ 的含量/g	饱和溶液中的含量/%		水解率/%		
	P_2O_5	CaO	20℃	25℃	80℃
1.0	0.60	0.24	0	0	37.63
1.5	0.90	0.35	5.77	17.27	43.06
2.0	1.21	0.48	8.45	18.93	48.22
2.5	1.48	0.58	13.68	19.18	46.65
5.0	2.89	1.14	17.18	25.93	56.84
10.0	5.51	2.17	25.23	20.68	62.56
15.0	7.92	3.12	31.62	36.10	64.02
25.0	12.13	4.79	40.51	43.59	67.30
40.0	17.40	6.85	45.97	49.06	68.00
50.0	20.22	7.98	48.67	51.48	68.70
60.0	22.75	8.98	51.22	52.90	68.97
63.0	23.44	9.26	51.62	53.45	69.00
70.0	24.98	9.86	52.57	54.10	65.57
76.0	26.21	10.35	53.29		70.50
120.0	33.03	13.02			73.00
160.0	37.27	14.70			73.50
193.0	39.86	15.72			74.75
206.0	40.80	16.09			75.15
229.0	42.18	16.63			61.50
287.5	44.96	17.73			36.40
467.6	49.92	19.69			14.04
975	54.96	21.67			2.35
1300	56.28	22.20			0

表 15.2.13　磷酸盐在酸碱中的溶解度　　单位：g/100L 溶液

名　　称	0.5mol/L 乙酸	2.0mol/L H_2SO_4	0.25mol/L NaOH
磷酸氢钙	＞4	＞4	0.6
磷酸二氢钙	＞4	＞4	1.4
磷酸三钙	＞3.7	＞4	0.06
磷酸铝	1.9	3.0	1.3

表 15.2.14　磷酸氢钾在磷酸中的溶解度

温度/℃	溶解度(质量分数)/%
40	11.30
50	16.95
60	22.40
70	27.56
80	32.30
90	36.40
100	41.01
110	45.08
120	49.14
130	53.46

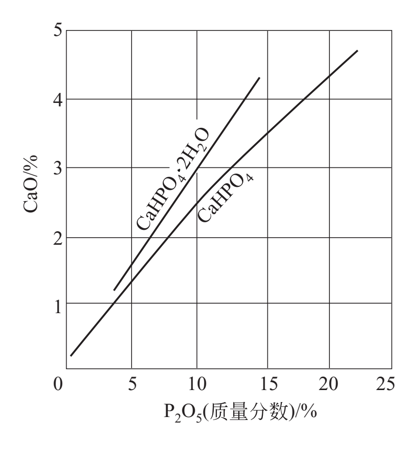


图 15.1　磷酸氢钙在磷酸水溶液中的溶解度（40℃）

表 15.2.15　磷酸三钾在水中的溶解度

t/℃	K_3PO_4 /%	摩尔分数 /%	固　　相	t/℃	K_3PO_4 /%	摩尔分数 /%	固　　相
−1.18	4.54	0.40		44.5	60.84	11.64	
−2.60	9.75	0.91		45.4	61.94	12.13	$K_3PO_4 \cdot 7H_2O$
−4.6	15.43	1.52		45.6	62.51	12.39	
−7.7	21.74	2.30	冰	45.6	63.12	12.68	$PK_3PO_4 \cdot 7H_2O$
−12.0	27.34	3.09		45.4	—	—	$K_3PO_4 \cdot 7H_2O + K_3PO_4 \cdot 3H_2O$
−15.8	31.53	3.76		25.0①	63.17	12.70	
−20.0	35.12	4.39		30.0①	63.19	12.71	
−24.0	38.33	5.00	冰＋$K_3PO_4 \cdot 9H_2O$	35.0①	63.33	12.77	
−28.2	40.25	5.40	冰＋$K_3PO_4 \cdot 7H_2O$	40.0①	63.41	12.81	$K_3PO_4 \cdot 3H_2O$
−8.8	42.92	6.00		45.0①	63.56	12.89	
0	44.26	6.31		50.0	63.80	13.00	
10.0	46.83	6.95		60.0	64.08	13.14	
20.0	49.62	7.71		−7.7①	43.85	6.21	
25.0	51.42	8.23	$K_3PO_4 \cdot 7H_2O$	0①	47.62	7.16	
30.0	53.08	8.75		5.0①	49.80	7.76	$K_3PO_4 \cdot 9H_2O$
35.0	55.43	9.54		8.8①	52.23	8.49	
40.0	57.51	10.30		12.3①	57.72	10.00	
42.6	59.46	11.06					

① 介稳态

表 15.2.16 磷酸二氢钾 KH_2PO_4 在各种盐溶液中的溶解度（25℃）

盐类	100g 饱和溶液中盐的质量/g	100g 饱和溶液中 KH_2PO_4 质量/g	盐类	100g 饱和溶液中盐的质量/g	100g 饱和溶液中 KH_2PO_4 质量/g
—	0	20.15	KNO_3	5.56	16.33
K_2SO_4	1.39	19.46	KNO_3	12.03	14.03
K_2SO_4	3.13	18.24	CH_3COOK	4.91	17.43
K_2SO_4	6.27	17.70	CH_3COOK	9.62	14.43
K_2SO_4	6.79	17.02	K_2CO_3	1.66	23.01
K_2SO_4	6.07	16.74	K_2CO_3	5.74	31.85

表 15.2.17 磷酸二氢钾在过氧化氢（0℃）和糠醛溶液中的溶解度

H_2O_2/(g/100g 饱和溶液)	0	2	4	6	8	糠醛(25℃)
KH_2PO_4/(g/100g 饱和溶液)	9.28	12.60	13.37	15.31	18.25	0.02

表 15.2.18 磷酸二氢钾在氨基甲酸乙酯溶液中的溶解度（25℃）

名称	浓度/(mol/1000g H_2O)			
KH_2PO_4	1.82	1.29	0.75	0.139
$NH_2COOC_2H_5$	0.0	1.1225	5.401	22.25
固相	KH_2PO_4	KH_2PO_4	KH_2PO_4	KH_2PO_4

表 15.2.19 磷酸三钠在 NaOH 溶液中的溶解度　　单位：g/100g 水

名称	温度/℃									
	150			250				350		
NaOH	0.0	8.2	20.0	0.0	8.2	20.6	29.5	0.0	8.0	21.9	21.3
Na_3PO_4	82	49	20.6	8.6	7.0	5.5	5.7	0.15	0.44	2.0	2.2

表 15.2.20 磷酸二氢钠在硫酸钠溶液中的溶解度（25℃）

溶解度/(g/100g 饱和溶液)		固相
NaH_2PO_4	Na_2SO_4	
48.6	0.0	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$
47.0	1.56	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$
45.8	3.69	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$
43.0	6.39	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$
39.2	10.1	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$

15.2.5 蒸气压

表 15.2.21 磷酸一铵饱和溶液蒸气分压及在相平衡时空气的相对湿度

项目	温度/℃					
	10	15	20	30	40	50
饱和蒸气压/kPa	1.192	1.658	2.146	3.890	6.673	10.87
相对湿度/%	97.80	97.00	91.70	91.60	90.30	88.20

表 15.2.22 磷酸盐水溶液面上的蒸气压下降值　　单位：kPa

名称	浓度/(mol/L 水)								
	0.5	1	2	3	4	5	6	8	10
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	10.5	20.0	36.5	51.7	66.8	82.0	96.5	126.7	157.1
Na_2HPO_4	1.61	3.13	5.73	8.00	10.5	13.3	16.3		
Na_3PO_4	2.20	4.00	7.0						
$Na_4P_2O_7$	1.76	2.93							

注：100℃时，水的蒸气压为 101.1kPa

15.2.6　比热容和热导率

表 15.2.23　磷钙三钙的比热容　　单位：J/(mol·K)

名称	温度/K														
	20	40	60	80	100	150	200	250	298.15	400	500	600	800	1000	1500
α-$Ca_3(PO_4)_2$	3.85	25.10	50.14	76.61	99.91	146.8	181.3	208.2	231.6	255.2	276.5	295.6	331.4	365.8	
β-$Ca_3(PO_4)_2$	3.47	21.34	48.61	75.14	98.41	144.6	178.6	205.4	228.2						330.5

表 15.2.24　磷酸盐的热导率　　单位：W/(m·K)

名称	温度/K											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
KD_2PO_4	348.1	497.7	233.8	105.7	64.51	36.79	31.08	20.88	16.70	14.93	9.740	8.247
KH_2PO_4	36.40	47.51	42.93	37.90	30.48	23.60	18.77	14.19	9.933	9.281	9.383	6.809
名称	温度/K											
	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	30
KD_2PO_4	6.945	5.583	4.517	3.788	3.340	2.951	2.284	1.819	1.779	1.883	1.883	1.883
KH_2PO_4	5.652	3.152	1.744	1.612	1.601	1.716	1.636	1.752	1.996	2.290	2.434	2.090

注：材质状态注如下。

(1) KD_2PO_4：试件为四方形单晶体，尺寸为 2.1mm×2.7mm×11.6mm，长度方向平行于 c 轴方向。

(2) KH_2PO_4：试件为四方形单晶体，尺寸为 2.3mm×2.4mm×11.7mm，长度方向平行于 c 轴，热流方向为 c 轴方向。

15.2.7　其 他 物 性

表 15.2.25　磷酸盐的熔融热　　单位：kJ/mol

名　称	KPO_3	K_3PO_4	$K_4P_2O_7$	$NaPO_3$	$Na_4P_2O_7$
γ_m	8.834	37.26	58.62	20.93	57.36

表 15.2.26　磷酸盐水溶液的固定湿度

固　相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa	固　相	温度/℃	相对湿度/%	水蒸气分压/kPa
$H_3PO_4\cdot\frac{1}{2}H_2O$	24	9	0.265	$NH_4H_2PO_4$	20	93.1	2.160
K_2HPO_4	20	92	2.133	$NH_4H_2PO_4$	25	93	2.919
$Na_2HPO_4\cdot12H_2O$	20	95	2.200	$NH_4H_2PO_4$	30	92.9	3.906

15.2.8　质 量 指 标

表 15.2.27　食用磷酸三钾的质量指标（GB 25563—2010）

项　目	指　标	项　目	指　标
磷酸三钾(K_3PO_4)(灼烧干基)(质量分数)/% ≥	97.0	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	2
pH 值(10g/L 溶液)	11.5～12.5	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.2
砷(As)/(mg/kg) ≤	3	灼烧减量　无水物(质量分数)/% ≤	5.0
氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤	10	灼烧减量　水合物(质量分数)/%	8.0～20.0
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10	外观	白色晶体粉末或颗粒

用途：在食品工业中作缓冲剂、螯合剂、酵母食料、乳化盐、抗氧化增效剂。

表 15.2.28 食用焦磷酸四钾的质量指标（GB 25562—2010）

项目		指标	项目		指标
焦磷酸四钾(质量分数)/%	≥	95.0	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.1
砷(As)/(mg/kg)	≤	3	pH 值(10g/L 溶液)		10.5±0.5
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	10	灼烧减量(质量分数)/%	≤	0.5
铅(Pb)/(mg/kg)	≤	2	外观		白色晶体粉末或颗粒
氟化物(以 F 计)/(mg/kg)	≤	10			

注：灼烧减量指标为出厂检验指标。

用途：用作乳化剂、组织改良剂、螯合剂，还作为面制品用碱水的原料，与其他缩合磷酸盐合用。

表 15.2.29 食用磷酸氢二钾的质量指标（GB 25561—2010）

项目		指标	项目		指标
磷酸氢二钾(K_2HPO_4)(以干基计)(质量分数)/%	≥	98.0	铅(Pb)/(mg/kg)	≤	2
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.2	氟化物(以 F 计)/(mg/kg)	≤	10
砷(As)/(mg/kg)	≤	3	pH 值(10g/L 溶液)		9.0±0.4
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	10	干燥减量(质量分数)/%	≤	2.0

用途：在食品工业中用于配制面食制品用碱水的原料。

表 15.2.30 工业磷酸二氢钾的质量指标（GB 2321—92）

项目		工业用		农业用	
		一等品	合格品	一等品	合格品
磷酸二氢钾(KH_2PO_4 以干基计)(质量分数)/%	≥	98.0	97.0	96.0	92.0
水分(质量分数)/%	≤	2.5	3.0	4.0	5.0
氧化钾(以干基计)(质量分数)/%	≥	33.9	33.5	33.2	31.8
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.2	0.5	—	—
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.20	—	—	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.003	—	—	—
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—	—
pH 值		4.3～4.7		4.3～4.7	
外观		白色结晶或粉末			

用途：用作高效磷钾复合肥料，也用作细菌培养剂合成调味剂，制偏磷酸钾的原料，医药上用于使尿酸化，作营养剂。

表 15.2.31 食用磷酸二氢钾的质量指标（GB 25560—2010）

项目		指标
磷酸氢二氢钾(K_2HPO_4)(以干基计)(质量分数)/%	≥	98.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.2
砷(As)/(mg/kg)	≤	3
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	10
铅(Pb)/(mg/kg)	≤	2
氟化物(以 F 计)/(mg/kg)	≤	10
pH 值(10g/L 溶液)		4.2～4.7
干燥减量(质量分数)/%	≤	1.0
外观		白色晶状粉末

用途：缓冲剂、螯合剂、酵母食料、调味剂、强化剂、发酵助剂、膨松剂、抗氧化增效剂、乳化盐。

表 15.2.32　饲料用磷酸二氢钾的质量指标（HG 2860—1997）

项　目			指　标	项　目		指　标
KH_2PO_4（质量分数）/%	以干基计	≥	98.0	As(质量分数)/%	≤	0.001
	以P计	≥	22.3	重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.002
	以K计	≥	28.0	氯化物(以Cl计)(质量分数)/%	≤	1.0
水分(质量分数)/%		≤	0.5	硫酸盐(以 SO_4^{2-} 计)(质量分数)/%	≤	0.1

用途：饲料营养补充剂。

表 15.2.33　试剂用磷酸二氢钾的质量指标（GB/T 1274—93）

项　目		指　标		项　目		指　标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
KH_2PO_4 含量(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.003	0.005
pH值(50g/L溶液,25℃)		4.2～4.5	4.2～4.5	总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002
澄清度试验(HG 3-1168)	≤	2号	4号	砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.002	0.005	钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05
干燥失重/%	≤	0.2	0.3	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005	重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005

表 15.2.34　试剂用磷酸氢二钾的质量指标（HG/T 3487—2000）

项　目		指　标	
		分析纯	化学纯
磷酸氢二钾($K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$)(质量分数)/%	≥	99.0	97.0
pH值(50g/L,25℃)		8.9～9.4	8.9～9.4
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	2号	4号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.01	0.03
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.01	0.03
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.05	0.10
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001	0.001
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0001	0.0003
重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003

表 15.2.35　pH基准试剂磷酸二氢钾（GB 6853—2008）

项　目		pH基准
混合磷酸盐溶液 $pH(S)_{II}$ 值(0.025mol/kg,25℃)		$pH(S)_{II} = pH(S)_{I} \pm 0.01$
含量(KH_2PO_4)(质量分数)/%		99.0～100.1
pH值(20g/L,25℃)		9.1～9.3
澄清度试验	≤	2号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.002
氯化物(以Cl计)	≤	0.002
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.005
硝酸盐(以 NO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.001
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.02
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0005
重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.0005
外观		无色透明结晶粉末

表 15.2.36 电镀用焦磷酸钾的质量指标（HG/T 3591—2009）

项目	指标		项目	指标	
	优等品	一等品		优等品	一等品
焦磷酸钾($K_4P_2O_7$)(质量分数)/% ≥	98.0	98.0	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0030
干燥减量(质量分数)/% ≤	1.0	—	赫尔槽实验(D_k≥10A/dm² 下电镀)	合格	合格
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0050	0.010	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0003	—
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.10	0.10	络合指数 ≥	3.0	—
pH 值(1g/100mL 水)	10.5±0.5	10.5±0.5	外观	白色粉末或块状	

用途：工业上用于无氰电镀、表处理、高档洗涤剂、涂料、清洁剂、分散剂、缓冲剂等；食品级用于食品加工的乳化剂、组织改进剂、螯合剂、品质改良剂等。

表 15.2.37 牙膏用单氟磷酸钠的质量指标（GB 24567—2009）

项目	指标	项目	指标
单氟磷酸钠(以 Na_2PO_3 计)(质量分数)/% ≥	95.0	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.002
结合氟(以 F 计)(质量分数)/% ≥	12.54	铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0002
游离氟(以 F 计)(质量分数)/% ≤	0.68	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.15
总氟(以 F 计)(质量分数)/% ≥	13.0	pH 值(20g/L 溶液)	6.5～8.0
砷(As)(质量分数)/% ≥	0.0002	干燥失量(质量分数)/% ≤	0.2

表 15.2.38 牙膏用单氟磷酸钠的质量指标（HG/T 2763—1996）

项目	指标	项目	指标
单氟磷酸钠(以 Na_2PO_3 计)(质量分数)/% ≥	93.0	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0003
结合氟(以 F 计)(质量分数)/% ≥	12.3	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.005
游离氟(以 F 计)(质量分数)/% ≤	1.2	pH 值(20g/L 溶液)	6.5～8.0
总氟(以 F 计)(质量分数)/% ≥	12.7	干燥失量(质量分数)/% ≤	0.2

表 15.2.39 工业次磷酸钠的质量指标（HG/T 3253—2009）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
次磷酸钠($NaH_2PO_2 \cdot H_2O$)(质量分数)/% ≥	100.0	100.0	99.0
亚磷酸钠(Na_2HPO_3)(质量分数)/% ≤	0.3	0.4	0.5
钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.010	0.015	0.020
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0002	0.0004	0.0006
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02	0.03
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.010	0.015	0.020
pH 值(5%水溶液)	6.0～8.0		
外观	白色颗粒状晶体		

用途：主要用于化学镀、化学工业和医药工业作还原剂；食品级次磷钠在食品中作防腐剂、抗氧剂、滋补剂等。

表 15.2.40 试剂用磷酸钠的质量指标（HG/T 3493—2000）

项目	指标	
	分析纯	化学纯
磷酸钠($Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$)(质量分数)/% ≥	98.0	97.0
澄清度试验(HG/T3484) ≤	3 号	5 号
游离碱(以 NaOH 计)(质量分数)/% ≤	1.5	3.0
二钠盐(以 $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ 计)(质量分数)/% ≤	0.5	1.0
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.005	0.005

续表

项　　目		指　　标	
		分析纯	化学纯
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.01	0.03
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.002
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003	0.001
重金属(以Pb计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002

表 15.2.41　工业磷酸三钠的质量指标（HG/T 2517—2009）

项　　目		指　　标	项　　目		指　　标
磷酸三钠(以 $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ 计)(质量分数)/%	≥	98.0	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.01
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.5	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.1
氯化物(以Cl计)(质量分数)/%	≤	0.4	pH值(10g/L)		11.5～12.5
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.005	外观		白色或微黄结晶

用途：在冶金、化工、纺织、印染、造纸、机电等工业中用作水的软化剂：锅炉管清洗剂和洗涤剂，金属防锈剂，用于印染、金属洗涤、水处理等。

表 15.2.42　食用磷酸三钠的质量指标（GB 25565—2010）

项　　目			指　　标
无水磷酸三钠(Na_3PO_4,以灼烧干基计)(质量分数)/%		≥	97.0
一水合磷酸三钠($Na_3PO_4 \cdot H_2O$,以灼烧干基计)(质量分数)/%		≥	97.0
十二水合磷酸三钠($Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$)(质量分数)/%		≥	97.0
pH值(10g/L溶液)			11.5～12.5
砷(As)/(mg/kg)		≤	3
氟化物(以F计)/(mg/kg)		≤	50
重金属(以Pb计)/(mg/kg)		≤	10
铅(Pb)/(mg/kg)		≤	4
水不溶物(质量分数)/%		≤	0.2
灼烧减量(质量分数)/%	Na_3PO_4	≤	2
	$Na_3PO_4 \cdot H_2O$		8～11
	$Na_3PO_4 12H_2O$		45～57

注：外观为白色结晶粉末或颗粒。

表 15.2.43　工业三聚磷酸钠的质量指标（GB 9983—2004）

项　　目		指　　标		
		优级品	一级品	二级品
白度/%		90	85	80
三聚磷酸钠($Na_5P_3O_{10}$)/%	≥	96	90	85
五氧化二磷(P_2O_5)/%	≥	57.0	56.5	55.0
水不溶物/%	≤	0.10	0.10	0.15
铁(Fe)/%	≤	0.007	0.015	0.030
pH值(1%溶液)		9.2～10.0	—	—
≤1.0mm粒子/%		≥95	—	—
外观		白色粒状或粉末		

注：产品代号和规格

项　目	表观密度/(g/cm³)			Ⅰ型(质量分数)/%		
代号	L	M	H	A	B	C
规格	0.35～0.50	0.51～0.65	0.66～0.99	5～20	21～40	>40

用途：主要用于合成洗涤剂作为添加剂、肥皂增效剂和防止条皂油脂析出和起霜。对润滑油和油脂有强烈的乳化作用，可用于调节缓冲皂液的 pH 值，工业用水的软水剂、制革预鞣剂、染色助剂、涂料、高岭土、氧化镁、碳酸钙等工业中配置悬浮液时作分散剂，钻井泥浆分散剂，造纸工业用作防油污剂。

表 15.2.44 氯化磷酸三钠的质量指标（HG/T 2528—2009）

项目		指标		项目		指标	
		一级品	合格品			一级品	合格品
有效氯(以 Cl 计)(质量分数)/%	≥	3.2	2.8	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003
五氧化二磷(P_2O_5)(质量分数)/%	≥	18.0	17.5	pH 值(10g/L 水溶液)		11.4～12.0	
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.001	0.003	外观		白色结晶或结晶性粉末	

用途：用于器械的消毒处理。在化工、防织、印染、造纸、发电等行业中用作软水剂和洗涤剂，锅炉防垢剂，金属除锈剂，糖汁净化剂，橡胶乳汁的凝固剂，织物丝光的增强剂。用作分析试剂，微量分析测定铀。

表 15.2.45 工业六聚偏磷酸钠的质量指标（HG/T 2519—2007）

项目		指标	
		一等品	合格品
总磷酸盐(以 P_2O_5 计)(质量分数)/%	≥	68.0	68.0
非活性磷酸盐(以 P_2O_5 计)(质量分数)/%	≤	7.5	10.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.04	0.10
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.03	0.10
pH 值(10g/L)		5.8～7.0	
溶解性		合格	
外观		白色粒状或粉末	

用途：软水剂、缓蚀剂、分散剂。金属表面处理剂、洗涤助剂、水泥硬化促进剂等。

表 15.2.46 水处理用聚偏磷酸钠的质量指标（HG/T 2837—2010）

项目		指标	项目		指标
总磷酸盐(以 P_2O_5)(质量分数)/%	≥	68.0	溶解性		全溶
非活性磷酸盐(质量分数)/%	≤	7.5	平均聚合度 n		10～20
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	筛余物(420μm 筛网)/%	≤	5
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.05	外观		白色颗粒
pH 值		5.8～6.5			

注：工业循环冷却水缓蚀剂。

表 15.2.47 水处理用聚偏磷酸钠的质量指标（SH 2604.03—2003）

项目		指标	项目		指标
总磷酸盐(以 P_2O_5 计)(质量分数)/%	≥	68.0	pH 值(1.0%水溶液)	≤	5.8～7.3
非活性磷酸盐(以 P_2O_5 计)(质量分数)/%	≤	7.2	溶解性		合格
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05	平均聚合度 n		10～16
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.05	外观		白色细粒状物

表 15.2.48 食用六偏磷酸钠的质量指标（GB 1890—2005）

项目		指标	项目		指标
总磷酸盐(以 P_2O_5)(质量分数)/%	≥	68.0	氟化物(以 F 计)(质量分数)/%	≤	0.003(强制)
非活性磷酸盐(质量分数)/%	≤	7.5	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.02
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.06	pH 值		5.8～6.5
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.001(强制)	溶解性		合格
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003(强制)	外观		白色粉末

用途：用于罐头、饮料等的品质改良剂、pH 调节剂等。

表 15.2.49　二水磷酸二氢钠的质量指标（HG/T 2767—2009）

项　目	指标		项　目	指标	
	二水物	无水物		二水物	无水物
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$(质量分数)/% ≥	98.0	—	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.05	0.05
NaH_2PO_4(以干基计)(质量分数)/% ≥	—	98.0	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.01	0.01
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.10	0.20	外观	白色或无色斜方晶	

用途：用于锅炉水处理，电镀、制革、燃料助剂、洗涤剂、云母彻合等，也是制取六偏磷酸钠和缩聚酸盐的原料。

表 15.2.50　食用二水磷酸二氢钠的质量指标（HG 2919—2000）

项　目	指　标	项　目	指　标
NaH_2PO_4(质量分数)/%	98～103	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001
pH 值(100g/L)	4.4±0.2	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0003
干燥减量(质量分数)/%	22.0～25.0	氟(F)(质量分数)/% ≤	0.005
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.2		

用途：品质改良剂、乳化剂、烘烤粉的缓冲剂等。

表 15.2.51　食用磷酸二氢钠的质量指标（GB 25564—2010）

项　目		指　标
磷酸二氢钠(NaH_2PO_4)(以干基计)(质量分数)/%		98.0～103.0
水不溶物(质量分数)/% ≤		0.2
砷(As)/(mg/kg) ≤		3
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤		10
铅(Pb)/(mg/kg) ≤		4
氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤		50
pH 值(10g/L 溶液)		4.1～4.7
干燥减量	NaH_2PO_4(质量分数)/% ≤	2.0
	$NaH_2PO_4 \cdot H_2O$(质量分数)/%	10.0～15.0
	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$(质量分数)/%	20.0～25.0
外观		白色晶状粉末或颗粒

表 15.2.52　试剂用磷酸二氢钠的质量指标（GB/T 1267—1999）

项　目	指标		项　目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
含量($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$)/% ≥	99.0	98.0	铵(NH_4)/% ≤	0.002	—
pH 值(50g/L,25℃)	4.2～4.6	4.2～4.6	钾(K)/% ≤	0.02	0.1
澄清度试验(HG/T 3484) ≤	3 号	5 号	铁(Fe)/% ≤	0.001	0.005
水不溶物/% ≤	0.01	0.02	砷(As)/% ≤	0.0002	0.0005
氯化物(Cl)/% ≤	0.005	0.01	重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.001	0.005
硫酸盐(SO_4)/% ≤	0.005	0.01	氨沉淀物/% ≤	0.01	0.02
硝酸盐(NO_3)/% ≤	0.001	0.002			

表 15.2.53 食用磷酸氢二钠的质量指标（GB 25568—2010）

项目		指标	项目			指标
磷酸氢二钠(Na_2HPO_4)(以干基计)(质量分数)/%	≥	98.0	水不溶物(质量分数)/%		≤	0.2
砷(As)/(mg/kg)	≤	3	干燥减量	Na_2HPO_4(质量分数)/%	≤	5.0
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	10		$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$(质量分数)/%	≤	18.0～22.0
铅(Pb)/(mg/kg)	≤	4		$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$(质量分数)/%	≤	61.0
氟化物(以 F 计)/(mg/kg)	≤	50	外观	无水物:白色粉末水合物:无色到白色晶体		

表 15.2.54 试剂用十二水合磷酸氢二钠的质量指标（GB/T 1263—2006）

项目		指标		
		优级纯	分析纯	化学纯
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$(质量分数)/%	≥	99.0	99.0	98.0
pH 值(50g/L,25℃)		9.1～9.4	9.1～9.4	9.1～9.4
澄清度试验(HG/T 3484)	≤	2 号	3 号	4 号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	0.01
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001	0.003
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.005	0.005	0.03
总氮量(N)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.00005	0.0005	0.002
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.05
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0005	0.001

表 15.2.55 pH 基准试剂磷酸氢二钠（GB 6854—2008）

项目		pH 基准
混合磷酸盐溶液 $pH(S)_{II}$ 值(0.025mol/kg,25℃)		$pH(S)_{II}=pH(S)_{I}\pm0.01$
含量(Na_2HPO_4)(质量分数)/%		99.0～100.1
pH 值(20g/L,25℃)		9.1～9.3
澄清度试验	≤	2 号
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.002
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.002
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.005
硝酸盐(以 NO_3 计)(质量分数)/%	≤	0.001
镁(Mg)(质量分数)/%	≤	0.001
钾(K)(质量分数)/%	≤	0.02
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0005
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%	≤	0.0005
外观		无色透明结晶粉末

表 15.2.56 十二水磷酸氢二钠的质量指标（HG/T 2965—2009）

项目		指标	项目		指标
		一级品			一级品
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$(质量分数)/%	≥	97.0	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.05
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.7	水不溶物(质量分数)/%	≤	0.05
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.05	pH 值		9.0±0.2
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.005	外观		白色粉状或颗粒
氟化物(以 F 计)(质量分数)/%	≤	0.05			

用途：用作软水剂，织物增重剂，防火剂，并用于釉药、焊药、医药、颜料、食品工业及制取其他磷酸盐。

表 15.2.57 食用十二水磷酸氢二钠的质量指标（HG/T 2920—2000）

项　目	指标	项　目	指标
Na_2HPO_4/% ≥	98	砷(As)/% ≤	0.0003
干燥减量/% ≤	61.0	氟(F) ≤	0.005
水不溶物/% ≤	0.2	外观	白色均匀流沙状结晶
重金属(以 Pb 计) ≤	0.001		

注：除干燥减量外，其余均按干基计。

用途：用于制造焙粉，作品质改良剂、乳化剂、营养强化剂等。

表 15.2.58 食用焦磷酸二氢二钠的质量指标（GB 25567—2010）

项　目	指　标	项　目	指　标
焦磷酸二氢二钠($Na_2H_2P_2O_7$ 计)	93.0～100.5	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	2
水不溶物(质量分数)/% ≤	1.0	氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤	50
砷(As)/(mg/kg) ≤	3	pH 值(10g/L 溶液)	4.0±5.0
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10		

表 15.2.59 食用焦磷酸二氢二钠的质量指标（HG 2928—1999）

项　目	指 标	项　目	指 标
焦磷酸二氢二钠($Na_2H_2P_2O_7$ 计)	95.0	重金属(以 Pb 计)含量/% ≤	0.0015
水不溶物含量/% ≤	1.0	氟化物含量(以 F 计)/% ≤	0.005
砷(As)含量/% ≤	0.0003	pH 值(10g/L 溶液)	4.0±0.5

表 15.2.60 食用焦磷酸钠的质量指标（HG 2923—1999）

项　目	指　标	
	无水焦磷酸钠	十水合焦磷酸钠
焦磷酸钠含量/%	96.5～100.5	≥98.0
水不溶物含量/% ≤	0.20	0.10
pH 值(10g/L 溶液)	9.9～10.7	9.9～10.7
正磷酸盐	通过实验	通过实验
砷(As)含量/% ≤	0.0003	0.0003
重金属(以 Pb 计)含量/% ≤	0.001	0.001
氟化物(以 F 计)含量/% ≤	0.005	0.005
灼烧减量/%	≤0.05	38.0～42.0

用途：用于罐头、饮料等的品质改良剂等。

表 15.2.61 食用焦磷酸钠的质量指标（GB 25557—2010）

项　目	指　标	项　目	指　标
十水合焦磷酸钠 ≥	98.0	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10
无水焦磷酸钠($Na_4P_2O_7$)(质量分数)/%	96.5～100.5	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	4.0
正磷酸盐	通过试验	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.2
pH 值(10g/L 溶液)	9.9～10.7	灼烧减量 $Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$(质量分数)/%	38.0～42.0
砷(As)/(mg/kg) ≤	3	灼烧减量 $Na_4P_2O_7$(质量分数)/% ≤	0.5
氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤	50		

注：灼烧减量（$Na_4P_2O_7$）指标为出厂时检验指标。

表 15.2.62 食用十水焦磷酸钠的质量指标（HG/T 2923—1999）

项目		指标	项目		指标
$Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$(以干基计)/%	≥	98.0	砷(As)/%	≤	0.0003
正磷酸盐		通过试验	氟化物(以F计)/%	≤	0.005
水不溶物/%	≤	0.10	灼烧减量/%	≤	38.0～42.0
重金属(以Pb计)	≤	0.001	pH值(1%水溶液)		9.9～10.7

用途：作为食品品质改良剂，pH调节剂，金属离子螯合剂，乳化分散剂，黏合剂等。

表 15.2.63 食用酸式焦磷酸钠的质量指标（HG/T 2928—1999）

项目		指标	项目		指标
$Na_2H_2P_2O_7$/%	≥	95.0	砷(As)/%	≤	0.0003
水不溶物/%	≤	1.0	氟化物(以F计)/%	≤	0.005
重金属(以Pb计)	≤	0.002	pH值(1%水溶液)		4.0±0.5
外观		白色粉末			

用途：作发酵粉。

表 15.2.64 工业焦磷酸钠的质量指标（HG/T 2968—2009）

项目		指标	
		二水磷酸二氢钠	无水磷酸二氢钠
磷酸二氢钠($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$)(质量分数)/%	≥	98.0	
NaH_2PO_4(干基计)(质量分数)/%	≤		98.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.10	0.20
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.05	0.05
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.01	0.01
硫酸盐(以SO_4计)(质量分数)/%	≤	0.5	0.5
氯化物(Cl计)(质量分数)/%	≤	0.40	0.40
氟(以F计)(质量分数)/%		4.2～4.6	4.2～4.6
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.05	0.05
干燥减量(NaH_2PO_4)(质量分数)/%	≤	—	2.0
外观		白色粉末或颗粒,无色到白色晶体	

用途：配制电镀液，作羊毛脱脂剂和漂毛剂，纸张和植物纤维的漂白作印染、精漂时的助剂，作牙膏添加剂，水处理中作为软水剂。也作除锈剂、分散剂和乳化剂。食品品质改良剂、乳化剂、缓冲剂、螯合剂等。

表 15.2.65 牙膏用单氟磷酸钠的质量指标（HG 2763—1996）

项目		指标	项目		指标
单氟磷酸钠(以Na_2PO_3F计)/%	≥	93.0	pH值(20g/L)		6.5～8.0
结合氟(以F计)/%	≥	12.3	重金属(以计)/%	≤	0.005
游离氟(以F计)/%	≤	1.2	As/%	≤	0.0003
总氟(以F计)/%	≥	12.7	干燥失重/%	≤	0.2

用途：用作防腐剂和杀菌剂，此外，还用作助溶剂和金属表面氧化物的清洗剂。

表 15.2.66 食用磷酸钙的质量指标（HG 2789—1996）

项目		指标	项目		指标
磷酸三钙(以Ca计)		34.0～40.0	重金属(以Pb计)/%	≤	0.002
As/%	≤	0.0003	加热减量(200℃)/%	≤	10.0
F/%	≤	0.0075	澄清度		微浊

外观：白色无定形粉末。

用途：用作抗结块剂，钙增补剂，家禽饲料添加剂。医药上用作制酸剂。

表 15.2.67　活性磷酸钙的质量指标（HG/T 3583—2009）

项　目	指标		项　目	指标	
	A 型	B 型		A 型	B 型
五氧化二磷(P_2O_5)(质量分数)/%	38.0～41.0		pH 值(10g/L 溶液)(质量分数)/%	8.0～9.0	6.5～7.5
氧化钙(CaO)(质量分数)/%	51.0～55.0		粒度通过率(38μm 孔径筛)/%　≥	99.5	99.0
水分(质量分数)/%　≤	2.5		3h 悬浮度	协议	协议
盐酸不溶物(质量分数)/%　≤	0.2				

注：悬浮度指标只适用于 EPS 等悬浮分散剂用途

用途：广泛用于聚苯乙烯和可发性聚苯乙烯、聚氯乙烯以及 ABS、PMMA、SAN 珠料的聚合。此外，也用于树脂防黏结的隔离剂、生物材料、染料、水处理用、橡胶、制药等领域。

表 15.2.68　过磷酸钙的质量指标（HG/T 2740—1995）

项　目	指　标			
	优等品	一等品	合格品	
			Ⅰ	Ⅱ
有效五氧化二磷(P_2O_5)含量/%　≥	18.0	16.0	14.0	12.0
游离酸(P_2O_5)含量/%　≤	5.0	5.5	5.5	5.5
水分/%　≤	12.0	14.0	14.0	15.0
外观	有色疏松物		有色疏松物	

表 15.2.69　粒状重过磷酸钙的质量指标（HG/T 2219—91）

项　目	指　标		
	优等品	一等品	合格品
总磷(P_2O_5)含量(质量分数)/%　≥	47.0	44.0	40.0
有效磷(P_2O_5)含量(质量分数)/%　≥	46.0	42.0	38.0
游离酸(P_2O_5)含量(质量分数)/%　≤	4.5	5.0	5.0
游离水分(质量分数)/%　≤	3.5	4.0	5.0
粒度(1.0～4.0mm)(质量分数)/%　≥	90	90	85
颗粒平均抗压强度/N　≥	12	10	8
外观	灰色颗粒	灰色颗粒	灰色颗粒

表 15.2.70　食用磷酸三钙的质量指标（GB 25558—2010）

项　目	指　标	项　目	指　标
磷酸三钙(以 Ca 计)/%	34.0～40.0	氟化物(以 F 计)/(mg/kg)　≤	75
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)　≤	10	灼烧减量/%　≤	10.0
铅(Pb)/(mg/kg)　≤	2	澄清度	通过实验
砷(As)/(mg/kg)　≤	3		

表 15.2.71　食用磷酸氢钙的质量指标（GB 1889—2004）

项　目	指　标	项　目	指　标
$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$(质量分数)/%	98～103	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　≤	0.001
灼烧失重(质量分数)/%	24.5～26.5	As(质量分数)/%　≤	0.0002
盐酸不溶物(质量分数)/%　≤	0.05	F(质量分数)/%　≤	0.005
Pb(质量分数)/%　≤	0.05	外观	白色粉末

用途：食品工业中作疏松剂，还用作面包制造时的酵母培养剂、面团改良剂等。

表 15.2.72 牙膏用磷酸氢钙的质量指标（QB/T 2477—2007）

项目		指标	项目		指标
感官指标		无嗅无味无掺杂的白色均匀粉末	杂质指标	重金属(以 Pb 计)(mg/kg) ≤	15
理化指标	甘蔗白度 ≥	95		铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.01
	pH 值(20%悬浮溢)	6.9～8.1		钡(Ba)	通过试验
	细度(W=45μm 过筛率)/% ≥	99.0		氟(F)(质量分数)/% ≤	0.0050
	吸水量/(mL/20g)	5.0～6.5		氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.01
	表观密度/(g/mL)	0.80～1.00		硫化物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	通过试验
	稳定性	通过试验		硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.20
	氟离子稳定性快速试验	通过试验		砷(As)/(mg/kg) ≤	3
	氧化钙(CaO)/%	31.4～32.9		碳酸盐	通过试验
	五氧化二磷(P_2O_5)/%	40.7～42.5		酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.20
	灼烧失量/%	25.0～26.5	微生物指标	菌落总数/(CFU/g) ≤	100
	干燥失量/% ≤	0.60		霉菌与酵母菌总数/(CFU/g) ≤	100
				粪大肠菌群/(个/g)	不应检出
				铜绿假单胞菌/(个/g)	不应检出
				金黄色葡萄球菌/(个/g)	不应检出

表 15.2.73 牙膏用磷酸氢钙的质量指标（GB 24568—2009）

项目	指标		项目	指标	
	对氟稳定型	普通型		对氟稳定型	普通型
氧化钙(CaO)(质量分数)/%	31.4～32.9		铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.01	
五氧化二磷(P_2O_5)(质量分数)/%	40.7～42.5		氟(F)(质量分数)/% ≤	0.005	
白度/度 ≥	93		氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.03	
pH 值(20%悬浮液)	6.8～8.1		碳酸盐	通过试验	
细度(<45μm)(质量分数)/% ≥	99.0		硫酸盐(质量分数)/% ≤	0.5	
20g 产品吸水量/mL	5.0～6.5		硫化物	通过试验	
表 15.2. 观密度 ρ/(g/cm³)	0.80～1.00		盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.2	
稳定性	通过试验		菌落总数/(个/g) ≤	200	
氯化物稳定性试验	通过实验	—	粪大肠菌群	不得检出	
灼烧减量(质量分数)/%	25.0～26.5		绿脓杆菌	不得检出	
60℃干燥失量(质量分数)/% ≤	0.6		金黄色葡萄球菌	不得检出	
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.002		霉菌与酵母菌总数/(个/g)	200	
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0003				

表 15.2.74 牙膏用磷酸氢钙的质量指标（HG 3257—2001）

项目	指标		项目	指标	
	一级品	二级品		分析纯	化学纯
白度/度 ≥	95	90	氯化物(以 Cl 计)/% ≤	0.003	
不大于 45μm 粒子/% ≥	97.0	95.0	灼烧失重/% ≤	24.5～26.5	
吸水量/(mL 水/200g 样品)	5.0～6.5	4.5～6.5	重金属(以 Pb 计)/% ≥	90	80
砷(As)/% ≤	0.0008	0.001	pH 值(20%悬浮液)	7.8～8.3	
铁(Fe)/% ≤	0.005	0.015	外观	白色结晶粉末	

用途：在高级牙膏中作摩擦剂。

表 15.2.75 饲用磷酸氢钙的质量指标（HG 2636—2000）

项目	指标	项目	指标
磷(P)/% ≥	16.51	Ca/% ≥	21.0
氟(F)/% ≤	0.18	重金属(以 Pb 计)/% ≤	0.003
砷(As)/% ≤	0.003	粒度(≤500μm)/% ≥	95.0

用途：主要为畜禽配合饲料提供磷、钙等矿物质营养。

表 15.2.76　饲用磷酸氢钙的质量指标（GB/T 22549—2008）

项目			指标		
			Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型
总磷(P)含量/%		≥	16.5	19.0	21.0
枸溶性磷(P)含量/%		≥	14.00	16.00	18.00
水溶性磷(P)含量/%		≥	—	8.00	10.00
钙(Ca)含量/%		≥	20.00	15.00	14.00
氟(F)含量/%		≤	0.18	0.18	0.18
砷(As)含量/%		≤	0.003	0.003	0.003
铅(Pb)含量/%		≤	0.003	0.003	0.003
镉(Cb)含量/%		≤	0.001	0.001	0.001
细度	粉状(通过 0.5mm 试验筛)/%	≥	95	95	95
	粒状(通过 2.0mm 试验筛)/%	≥	90	90	90
外观			白色或略带微黄色粉末或颗粒,双方协商		

表 15.2.77　肥料级磷酸氢钙的质量指标（HG/T 3275—1999）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
有效五氧化二磷(PO)含量/%	≥	25.0	20.0	15.0
游离水分量/%	≤	10.0	15.0	20.0
pH 值(5g 试样加入 50mL 水中)	≥	3.0	3.0	3.0
外观		灰白色或灰黄色结晶状粉末		

表 15.2.78　食用磷酸二氢钙的质量指标（GB 25559—2010）

项目		指标	项目		指标
磷酸二氢钙(以 Ca 计)(质量分数)/%	无水物	16.8～18.3	灼烧减量[①](质量分数)/%		14.0～15.5
	一水物	159～17.7	干燥减量[②](质量分数)/%	≤	1
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg)	≤	10	澄清度		通过实验
铅(Pb)/(mg/kg)	≤	2	碳酸盐		通过实验
砷(As)/(mg/kg)	≤	3	游离酸及其副盐		通过实验
氟化物(以 F 计)/(mg/kg)	≤	25	外观		无色或白色三斜结晶或粉末

① 无水物测定项目。

② 一水物测定项目。

表 15.2.79　食用磷酸二氢钙的质量指标（HG 2927—1999）

项目		指标	项目		指标
磷酸二氢钙(以 Ca 计)含量/%		15.2～17.0	加热减量/%	≤	17.0
砷(As)含量/%	≤	0.0003	澄清度		通过实验
重金属(以 Pb 计)含量/%	≤	0.002	碳酸盐		通过实验
氟化物(以 F 计)含量/%	≤	0.0025	游离酸及其副盐		通过实验
外观		无色三斜结晶或白色粉末			

用途：在食品工业中作膨松剂、面团调节剂、缓冲剂、组织改进剂、固化剂、营养增补剂、螯合剂等。如作焙制品、糕点膨松剂，面包、饼干的助酵剂、缓冲剂，果胶固化剂，酵母食料，肉类制品组织改进剂等。用于酿造，可增进酿化力，提高发酵能力。

表 15.2.80 饲用磷酸二氢钙的质量指标（GB/T 22548—2008）

项目		指标	项目		指标
总磷(P)含量/%	≥	22.0	重金属(以 Pb 计)含量/%	≤	0.003
水溶性磷(P)含量/%	≥	20.0	铅(Pb)含量/%	≤	0.003
钙(Ca)含量/%	≥	13.0	游离水分含量/%	≤	4.0
氟(F)含量/%	≤	0.18	pH 值(2.4g/L 溶液)	≥	3
砷(As)含量/%	≤	0.003	细度(通过 0.5mm 试验筛)	≥	95
外观		白色或略带微黄色粉末或颗粒			

用途：在饲料加工中作为钙、磷的补充剂。

表 15.2.81 饲用磷酸二氢钙的质量指标（HG 2861—2006）

项目		指标	项目		指标
总磷(P)/%	≥	22.0	铅(Pb)/%		0.003
水溶性磷(P)/%	≥	20.0	细度(通过 0.5mm 筛)/%	≥	95
钙(Ca)/%		13.0～16.5	pH 值(2.4g/溶液)	≥	3
氟(F)/%	≤	0.18	水分/%	≤	4.0
砷(As)/%	≤	0.003	外观		白色或带微黄色粉末(颗粒)
重金属(以 Pb 计)/%	≤	0.003			

表 15.2.82 焦磷酸铜的质量指标（HG/T 3593—2009）

项目		指标	
		优等品	一等品
焦磷酸铜($Cu_2P_2O_7 \cdot 4H_2O$)(质量分数)/%	≥	99.8	96.9
铜(Cu)(质量分数)/%	≥	34.0	33.0
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.0050	0.010
酸不溶物(质量分数)/%	≤	0.10	0.1
在焦磷酸钾溶液中的溶解度(质量分数)/%	≥	99.9	99.9
铅(Pb)(质量分数)/%	≤	0.0005	0.0030
赫尔槽试验($D_k \geqslant 10A/dm^2$ 下电镀)		合格	合格
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.5	—
砷(As)(质量分数)/%	≤	0.0003	—

用途：主要用于无氰电镀和防渗碳涂层。

表 15.2.83 工业磷酸二氢锰的质量指标（HG 2831—2009）

项目		指标	
		一等品	合格品
磷酸及磷酸盐(以 P_2O_5 计)(质量分数)/%		46.0～52.0	46.0～52.0
锰(Mn)(质量分数)/%	≥	14.5	14.0
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.1	0.4
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.05	0.07
水解不溶物(质量分数)/%	≤	2.0	5.0
总酸度(以 0.3g 试样所消耗 0.1mol/L NaOH 的体积计)	≥	26.0	25.0
干燥减量[$Mn(H_2PO_4)_2$](质量分数)/%	≤	19.0	19.0
外观		白色、灰白色或带微红色的结晶	

用途：主要用作钢铁制品的防锈磷化处理剂，在国防工业中用作各种武器的润滑层和防护层。

表 15.2.84　磷酸锂的质量指标（GB 8765—88）　　单位：%

项　目		指标 FCLi$_3$PO$_4$-03	指标 FCLi$_3$PO$_4$-1	项　目		指标 FCLi$_3$PO$_4$-03	指标 FCLi$_3$PO$_4$-1
Li$_3$PO$_4$	≥	99.9	96.0	Pb	≤	0.0001	0.0001
Ca	≤	0.0030	0.0035	Ni	≤	0.0001	0.0001
Fe	≤	0.001	0.001	Cl$^-$	≤	0.08	0.50
Cu	≤	0.0001	0.0001				

用途：主要用于生产彩色荧光粉、光盘材料等，也作催化剂和在陶瓷、特种玻璃工业中应用。

表 15.2.85　彩色荧光粉用磷酸锂的质量指标（YS/T 637—2007）

项　目	化学成分(质量分数)/%							
	Li$_3$PO$_4$ 主含量≥	杂质含量≤						
		Ca	Mg	Fe	Cu	Pb	Ni	Cl
FCLi$_3$PO$_4$-1	99.9	0.002	0.001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.08
FCLi$_3$PO$_4$-2	98.0	0.002	0.001	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.1
FCLi$_3$PO$_4$-3	95.0	0.0035	0.002	0.001	0.0001	0.0001	0.0001	0.5
外观	白色粉末，不得有目视可见的机械杂质							

注：各牌号产品要全部通过 425μm 的标准筛。

表 15.2.86　工业磷酸二氢锌的质量指标（HG/T 2833—2009）　　单位：%

项　目		指标 优等品	指标 一等品	项　目		指标 优等品	指标 一等品
磷酸及磷酸盐（以 P_2O_5 计）	≥	47.5	46.0	硫酸盐(SO_4^{2-})	≤	0.01	0.05
锌(Zn)	≥	20.5	19.5	铅(Pb)	≤	0.01	0.02
游离酸(以 H_3PO_4 计)	≤	3.0	5.0	砷(As)	≤	0.005	0.01

用途：用作分析试剂；也用于电镀工业中的防腐处理，金属表面的防锈磷化处理和陶瓷工业着色等。

表 15.2.87　二碱式亚磷酸铅的质量指标（HG/T 2339—92）

项　目		指标 优等品	指标 一等品	指标 二等品
PbO/%		89.0～91.0	89.0～91.0	88.5～91.5
H_3PO_3/%		10.0～12.0	10.0～12.0	9.0～12.0
加热减量/%	≤	0.30	0.40	0.60
粒度≥75μm 粒子/%	≤	0 30	0 40	0.80
外观		白色粉末，无明显机械杂质		白色或微黄色粉末，无明显机械杂质

用途：用作不透明聚氯乙烯的硬质和软质制品（室外用电缆电线、建筑用板材、管材等）的稳定剂。

表 15.2.88　磷酸一铵、磷酸二铵的质量指标（GB 10205—2009）

(1)传统法粒状磷酸一铵和磷酸二铵

项　目		磷酸一铵 优等品 12-52-0	磷酸一铵 一等品 11-49-0	磷酸一铵 合格品 10-46-0	磷酸二铵 优等品 18-46-0	磷酸二铵 一等品 15-42-0	磷酸二铵 合格品 14-39-0
总养分($N+P_2O_5$)(质量分数)/%	≥	64.0	60.0	56.0	64.0	57.0	53.0
总氮(N)(质量分数)/%	≥	11.0	10.0	9.0	17.0	14.0	13.0
有效磷(P_2O_5)(质量分数)/%	≥	51.0	48.0	45.0	45.0	41.0	38.0

续表

(1)传统法粒状磷酸一铵和磷酸二铵						
项目	磷酸一铵			磷酸二铵		
	优等品 12-52-0	一等品 11-49-0	合格品 10-46-0	优等品 18-46-0	一等品 15-42-0	合格品 14-39-0
水溶性磷占有效磷/% ≤	87	80	75	87	80	75
水分(质量分数)/% ≤	2.5	2.5	3.0	2.5	2.5	3.0
粒度(1.00mm～4.00mm)/%	90	80	80	90	80	80
外观	颗粒状,无机械杂质			颗粒状,无机械杂质		

(2)料浆法粒状磷酸一铵和磷酸二铵						
项目	料浆法磷酸一铵			料浆法磷酸二铵		
	优等品 11-47-0	一等品 11-44-0	合格品 10-42-0	优等品 16-44-0	一等品 15-42-0	合格品 14-39-0
总养分($N+P_2O_5$)(质量分数)/% ≥	58.0	55.0	52.0	60.0	57	53
总氮(N)(质量分数)/% ≥	10.0	10.0	9.0	15.0	14.0	13.0
有效磷(P_2O_5)(质量分数)/% ≥	46.0	43.0	41.0	43.0	41.0	38.0
水溶性磷站磷占有效磷/% ≤	80	75	70	80	75	70
水分(H_2O)(质量分数)/% ≤	2.5	2.5	3.0	2.5	2.5	3.0
外观	粉末状、无明显结块现象、无机械杂质					

(3)粉状磷酸一铵					
项目	传统法		料浆法		
	优等品 9-49-0	一等品 8-47-0	优等品 11-47-0	一等品 11-44-0	合格品 10-42-0
总养分($N+P_2O_5$)(质量分数)/% ≥	58.0	55.0	58.0	55.0	52.0
总氮(N)(质量分数)/% ≥	8.0	7.0	10.0	10.0	9.0
有效磷(P_2O_5)(质量分数)/% ≥	48.0	46.0	46.0	43.0	41.0
水溶磷占有效磷/% ≤	80	75	80	75	70
水分(H_2O)(质量分数)/% ≤	3.0	4.0	3.0	4.0	5.0
外观	粉末状,无明显结块现象,无机械杂质				

注：水分为推荐性要求。

用途：磷酸一铵主要用于木材、纸张、织物作防火剂，也用作防火涂料添加剂，印刷制版和医药的制造等，在农业作为无氯型 NP 二元复合肥使用，是配制 NPK 三元复混肥的优质基础原料；磷酸二铵是一种高浓度的速效肥料，适用于各种作物和土壤，特别适用于喜铵需磷的作物，作基肥或追肥均可，宜深施。

表 15.2.89　粉状磷酸一铵的质量指标（HG/T 3282—1990）

指标		Ⅰ类		Ⅱ类	
		优等品	一等品	一等品	合格品
有机磷(质量分数)/%	中性柠檬酸铵溶性磷,以 P_2O_5 计 ≥	49	47		
	EDTA 溶性磷,以 P_2O_5 计 ≥			40	38
	水溶性磷,以 P_5O_2 计 ≥	44	41	28	24
总氮(N)(质量分数)/% ≥		9	8	9	8
水分(H_2O)(质量分数)/% ≤		7.0	9.0	5.0	6.0
外观		白色或浅色粉末,无明显结块现象			

表 15.2.90　工业磷酸二氢铵的质量指标（HG/T 4133—2010）

项目	指标		
	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
主含量[以($NH)_4PO_4$ 计](质量分数)/% ≥	98.5	98.0	96.0
主含量(以 P_2O_5 计)(质量分数)/% ≥	60.8	60.5	59.2
总氮(以 N 计)(质量分数)/% ≥	11.8	11.5	11.0

续表

项　　目	指　　标		
	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
砷(As)(质量分数)/% ≤	0.005	—	—
氟化物(以 F 计)(质量分数)/% ≤	0.02	—	—
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.9	1.2	—
水分(质量分数)/% ≤	0.5	0.5	1.0
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.1	0.3	0.6
pH 值(10g/L 溶液)	4.2～4.8	4.0～5.0	4.0～5.0
外观	无色或白色晶体或粉末		

用途：同磷酸一铵。

表 15.2.91　磷酸二氢铵的质量指标（Q/CHHG 01—2007）

项　　目	指　　标		
	优等品	一级品	合格品
五氧化二磷(P_2O_5 计)(质量分数)/% ≥	61.1	60.5	59.3
主含量($NH_4H_2PO_4$)(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	96.0
氮(N)含量(质量分数)/% ≥	12.0	11.9	11.7
水分(H_2O)(质量分数)/% ≤	0.4	0.80	4.0
水不溶物含量(质量分数)/% ≤	0.10	0.20	—
pH 值	4.2～4.7	4.2～4.7	4.2～4.7

表 15.2.92　食用磷酸二氢铵的质量指标（GB 25569—2010）

项　　目	指　　标
磷酸二氢铵(以 $NH_4H_2PO_4$ 计)(质量分数)/%	96.0～102.0
氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤	10
砷(As)/(mg/kg) ≤	3
重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10
铅(Pb)/(mg/kg) ≤	4
pH(10g/L 水溶液)	4.3～5.0
外观	白色晶体粉末或颗粒

用途：在食品工业中作发酵剂、营养剂等。

表 15.2.93　试剂用磷酸二氢铵的质量指标（HG/T 3466—1999）

项　　目	指　　标		项　　目	指　　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$NH_4H_2PO_4$(质量分数)/% ≥	99.0	98.5	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
pH 值(50g/L,25℃)	4.0～4.5	4.0～4.5	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
澄清度试验(HG/T 3484) ≤	3 号	5 号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
硫化合物(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	外观	无色结晶	无色结晶
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002			

用途：用作分析试剂、缓冲剂。

表 15.2.94 工业磷酸氢二铵的质量指标（HG/T 4132—2010）

项目	指标 一等品	指标 合格品	项目	指标 一等品	指标 合格品
主含量[以$(NH_2)_2HPO_4$计](质量分数)/% ≥	95.0	93.0	水分(质量分数)/% ≤	5.0	5.0
主含量(以P_2O_5计)(质量分数)/% ≥	51.0	50.0	氟化物(以F计)(质量分数)/% ≤	0.01	—
总氮(以N计)(质量分数)/% ≥	18.0	18.0	外观	浅色粉末状或颗粒状	

用途：用作肥料和木材、纸张、织物的防火剂，也用于医药、制糖、饲料添加剂，制酵母等方面，可作基肥和追肥。

表 15.2.95 工业磷酸氢二铵的质量指标（GB 10205—1988）

项目	指标 优等品	指标 一等品	指标 二等品
有效磷，中性柠檬酸铵溶性磷，(以P_2O_5计)/%	46～48	≥42	≥38
水溶性磷(以P_2O_5计)/% ≥	42	38	32
总N/%	16～18	≥15	≥13
有效磷+总N/% ≥	64	57	51
水分/% ≤	1.5	2.0	2.5
粒度(ϕ1～4mm粒子)/% ≥	90	80	80
颗粒平均抗压强度/N ≥	30	25	20

表 15.2.96 试剂用磷酸氢二铵的质量指标（HG/T 3465—1999）

项目	指标 分析纯	指标 化学纯	项目	指标 分析纯	指标 化学纯
含量[$(NH_4)_2HPO_4$](质量分数)/% ≥	99.0	98.0	钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
pH值(50g/L,25℃)	7.8～8.2	7.8～8.2	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
澄清度试验(HG/T 3484) ≤	3号	5号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.004	重金属(以Pb计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001
硫化合物(以SO_4计)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	外观	无色结晶	无色结晶
硝酸盐(NO_3)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001			

用途：分析试剂、浸种剂、腐蚀抑制剂及配制培养基试剂。

表 15.2.97 聚磷酸铵的质量指标（HG/T 2770—2008）

项目	指标 一类 一等品	指标 一类 合格品	指标 二类
五氧化二磷(P_2O_5)(质量分数)/% ≥	69.0	68.0	71.0
氮(N)(质量分数)/% ≥	14.0	13.0	14.0
平均聚合度 ≥	50	30	1 000
pH值(100g/L溶液)	5.0～7.0	5.0～7.0	5.5～7.5
粒度(通过45μm试验筛)(质量分数)/% ≥ D_{50}/μm ≤	90	90	20
溶解度/(g/100mL H_2O) ≤	—	—	0.5
水分(质量分数)/% ≤	—	—	0.25
堆积密度/(g/100mL)	—	—	0.5～0.7

用途：一类聚磷酸铵主要用于防火涂料、阻燃织物、木材等；二类聚磷酸铵主要用于塑料、橡胶、高级的防火涂料和户外涂料等。

第16章 金属酸盐

目 录

16.1 金属酸盐的物性总览

表 16.1.1 铬酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2CrO_4	铬酸银	331.74	暗红或棕红	晶或粉		5626^{25}			0.0014	0.011	+	$+NH_4OH$		+铬酸碱、KCN
$Ag_2Cr_2O_7$	重铬酸银	431.74	红	三		4770	//		0.0083^{15}	//	+N	$+NH_4OH$		+KCN
$Al_2O_3 \cdot CrO_3 \cdot 7H_2O$	碱式铬酸铝·7水	328.07	黄	粉					—	//	+	$+NH_4OH$	$-NH_4Cl$	+乙酸
$BaCrO_4$	铬酸钡	253.33	黄	斜方		4498^{15}			表16.5.1		+Cl、N			+铬酸；—乙酸
$BaCr_2O_7$	重铬酸钡	353.33	红	单					÷ //		+S′*			
$BaCr_2O_7 \cdot 2H_2O$	重铬酸钡·2水	389.36	黄	针			$-2H_2O120$		→$BaCrO_4$					+ 铬酸
$(BiO)_2Cr_2O_7$	重铬酸氧铋	666.02	橙红	晶					—	—	+	—		
$xBi_2O_3 \cdot yCrO_3$	碱式铬酸铋		黄至红	粉					—		+Cl、N			// 热酸
$CaCrO_4 \cdot 2H_2O$	铬酸钙·2水	192.11	柠檬黄	单	助燃有毒致癌腐蚀		$-2H_2O200$		22.2	18.2^{45}	+		—纯	+ 铬酸溶液
$CaCr_2O_7$	重铬酸钙	256.07	橘黄	单斜	无臭，无味		>100		+				×联胺、金属、还原剂	
$CaCr_2O_7 \cdot 3H_2O$	重铬酸钙·3水	310.13	红	晶	≈				+					
$CdO \cdot CrO_3 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	碱式铬酸镉·$\frac{1}{2}$水	237.42	黄	粉					÷		+	$÷NH_4OH$		
$CoCrO_4$	铬酸钴	174.95	黄棕	晶			//		—	//	+			$+NH_4OH$
$CoCrO_4 \cdot CoO \cdot 2H_2O$	碱式铬酸钴·2水	285.89	棕	粉					//		+			
Cs_2CrO_4	铬酸铯	381.83	黄	单		4237			71.4^{13}	88.7^{30}				
$CuCrO_4 \cdot 2CuO \cdot 2H_2O$	碱式铬酸铜·2水	374.75	浅棕	粉	~		$-2H_2O260$		—		+N	//		$+NH_4OH$
$CuCr_2O_7 \cdot 2H_2O$	重铬酸铜·2水	315.62	棕黑	三、斜	~	2286^{18}	$-2H_2O100$		÷	//	+	$+NH_4OH$	+	
$Dg_2(CrO_4)_3 \cdot 10H_2O$	铬酸镝·10水	853.11	黄	晶			$-3\frac{1}{2}H_2O150$	//	1.0^{25}					
$FeCr_2O_4$	铬铁矿	223.84	棕黑	立		4970^{20}			—		÷÷			
$Fe_2(CrO_4)_3$	铬酸铁	459.70	钢蓝	粒					+					
$Fe_2(CrO_4)_3 \cdot 2Fe_2O_3$	碱式铬酸铁	779.10	棕	非粉					—	//	+			
$Fe_2(CrO_7)_3$	重铬酸铁	759.70							+		+			
$HgCrO_4$	铬酸汞	316.59	暗红	棱或粉			//		÷	//	+			—丙酮；+铵盐
$HgCr_2O_7$	重铬酸汞	416.58	红	晶	有毒				—		+Cl、N			
Hg_2CrO_4	铬酸亚汞	517.18	红	粉			//		÷÷	÷	+N			—丙酮；+KCN
$KOClCrO_2$	氯基铬酸钾	174.56	红	单		2497^{39}	//		+ //					+丙酮
K_2CrO_4	铬酸钾	194.20	黄	斜	1.726	2732^{18}	975		表16.5.1				—	
$K_2Cr_2O_7$	重铬酸钾	294.20	橙红	三	毒 1.738	2676	398	//>610	表16.5.1				—	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
K_3CrO_8	过铬酸钾	297.30	棕	立			// 170		÷				—	—乙醚
$KSm(CrO_4)_2\cdot 3H_2O$	铬酸钐钾·3水	475.49	黄	粉					—	—			+	
Li_2CrO_4	铬酸锂	129.88	黄	固		2150	495	//900	48.6^{20}					+甲醇
$Li_2CrO_4\cdot 2H_2O$	铬酸锂·2水	165.92	黄	正			$-2H_2O$ 150		141^{18}	128^{30}				
$Li_2Cr_2O_7\cdot 2H_2O$	重铬酸锂·2水	265.91	暗灰或棕黑	粉	～	2340^{30}	$-2H_2O$ 130		124	188				
$MgCrO_4\cdot 7H_2O$	铬酸镁·7水	266.41	橙黄	正	1.550	1695	$-6H_2O$ 100		211.5^{18}	++				—丙酮；+KCN
$MgCrO_4\cdot(NH_4)_2CrO_4\cdot 6H_2O$	铬酸镁铵·6水	400.52	黄	单		1840^{16}	//		+++	+++				
$MnCrO_4\cdot MnO\cdot 2H_2O$	碱式铬酸锰·2水	277.91	红棕	粉					—		+			
Na_2CrO_4	铬酸钠	161.98	黄	正		2723	792		表16.5.1				÷	+甲醇
$Na_2CrO_4\cdot 10H_2O$	铬酸钠·10水	342.14	黄	单	～风化	1483	19.9		表16.4.1				÷	+甲醇
$Na_2Cr_2O_7\cdot 2H_2O$	重铬酸钠·2水	298.00	红	单	1.699	2520^{13}	320	// 400	表16.5.1				÷÷	
Na_3CrO_8	过铬酸钠	248.97	橙	片			// 115		+	+		—		—乙醚
$(NH_4)_2CrO_4$	铬酸铵	152.08	黄	单	有毒	1917^{12}	// 180		表16.5.1				—	÷液氨、丙酮
$(NH_4)_2Mg(CrO_4)_2\cdot 6H_2O$	铬酸镁铵·6水	400.51	黄	单	1.637	1840	//		++					
$(NH_4)_3CrO_8$	过铬酸铵	234.13	红	晶			//	炸 50	÷			—		—乙醚；÷液氨
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	重铬酸铵	252.08	橙红	单	毒刺激	2150^{25}	// 185	自燃 225	表16.5.1				+	—丙酮
$NiCrO_4\cdot 2NiO\cdot 3H_2O$	碱式铬酸镍·3水	378.15	红棕	粉					—	—	+	$+NH_4OH$		+液氨、乙酸
$PbCrO_4$	铬酸铅	323.19	亮黄	单斜	毒 2.420	6120^{15}	844	//	—	—	÷N；+S；//Cl^{*}	+强	$+K_2Cr_2O_7$	—液氨、乙酸、油
$PbCOrO_4\cdot PbO$	碱式铬酸铅	546.43	红橙	晶		6630			—	—	+	+KOH		
$PbCr_2O_7$	重铬酸铅	423.20	砖红	晶					//		+	+		
Rb_2CrO_4	铬酸铷	286.97	黄	正	1.71	3125(三)	3020(单)		62	96				
$Rb_2Cr_2O_7$	重铬酸铷	386.98	黄	单		3021			5.42^{18}	28.1^{60}				
$Rb_2Cr_2O_7$	重铬酸铷	386.98	红	三		3125			4.96^{28}	27.3^{60}				
$Sm_3(CrO_4)_2\cdot 8H_2O$	铬酸钐·8水	792.82	黄	晶										
$SnCrO_4$	铬酸亚锡	234.69		非、淀					—		+			
$Sn(CrO_4)_2$	铬酸锡	350.69		非、淀										
$SrCrO_4$	铬酸锶	203.62	黄	单、粉		3900^{15}			0.088^{15}	0.043^{100}	+Cl、N		+铵盐	+铬酸、乙酸
$SrC_2O_7\cdot 3H_2O$	重铬酸锶·3水	357.67	棕红	单	1.717		$-3H_2O$ 260	// 110	+					

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Tl_2CrO_4	铬酸亚铊	524.73	黄	斜		6910	633		表 16.5.1		÷	÷		−乙酸
$Tl_2Cr_2O_7$	重铬酸亚铊	624.80	红	晶					−		//			// $Na_2S_2O_3$
$Tl_2Cr_2O_7$	重铬酸亚铊	624.80	红	晶					−		//			// $Na_2S_2O_3$
$ZnCrO_4$	铬酸锌	181.38	柠檬黄	棱		5300			÷		+			
$ZnCr_2O_7 \cdot 3H_2O$	重铬酸锌·3水	335.4	橙黄	晶、粉					+++	//	+		−	−乙醚
$ZnCrO_4 \cdot ZnO_2 \cdot H_2O$	碱式铬酸锌·1水	298.79	黄	粉					−		+热铬酸	+NH_4OH		

表 16.1.2 钼酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2MoO_4	钼酸银	375.68	黄	非、粉					−		+N	+		+KCN
$5Al_2O_3 \cdot 2MoO_2 \cdot zH_2O$	钼酸铝·z水		白	非、粉					−					
$BaMoO_4$	钼酸钡	297.27	白	晶、粉		4650	1480		0.0058^{23}		÷Cl、N		−	÷酸
$Bi_2(MoO_4)_3$	钼酸铋	897.78	黄	粉					÷		÷N			++酸
$CaMoO_4$	钼酸钙	200.02	无	四、粉	1.974	4380			−	//	+		−	−乙酸、乙醚
$CdMoO_4$	钼酸镉	272.35	黄	叶		5350	1250		−		+	+NH_4OH		+KCN溶液
$Ce(MoO_4)_3$	钼酸铈	760.11	黄	四	2.04	4830	973		÷					
$CoMoO_4$	钼酸钴	218.87	灰绿	晶					−		// 强酸	//		
$Cr_2(MoO_4)_3$	钼酸铬	583.82		非、粉					−		+			+钼酸铵
$CuMoO_4$	钼酸铜	223.49	绿	非、粉					÷		//	//		
$FeO_3 \cdot 4MoO_3 \cdot 7H_2O$	钼酸铁·7水	798.67	黄	淀					−		+Cl、N；//			+氯化铁、钼酸铵
$FeMoO_4$	钼酸亚铁	215.79	暗棕	单					−					
K_2MoO_4	钼酸钾	238.14	白	晶、粉	～	2910^{18}	919	// 1400	184.6^{25}	+++			−	
$La_2(MoO_4)_3$	钼酸镧	757.69	白	四		4770^{16}	1181		0.0018^{25}	0.0033^{85}	++Cl			
$LiMoO_4$	钼酸锂	173.82	白	晶		2260	705		+++					
$Li_2MoO_4 \cdot \frac{2}{5}H_2O$	钼酸锂·$\frac{2}{5}$水	181.03		棱					+					
$MgMoO_4 \cdot 5H_2O$	钼酸镁·5水	274.32		角			$-2.5H_2O$100		++	+++				
$MnMoO_4 \cdot H_2O$	钼酸锰·1水	232.90	白	粉			>350		+			+	//	
Na_2MoO_4	钼酸钠	205.92	白	晶		3280^{18}	687		表 16.5.5					
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	钼酸钠·2水	241.95	白	片		3280	$-2H_2O$ 100		表 16.5.5					−甲基丙酮

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Na_2Mo_2O_7$	二钼酸钠	349.89		针			612		÷	÷				
$Na_2Mo_3O_{10}\cdot 7H_2O$	三钼酸钠·7水	619.96		针			$-6H_2O$ 120		3.88^{20}	13.7				
$Na_2Mo_4O_{13}\cdot 6H_2O$	四钼酸钠·6水	745.89		针					39.8^{21}	+++				
$Na_2Mo_8O_{25}\cdot 4H_2O$	八钼酸钠·4水	1285.61		粉					—	—				
$Na_2Mo_{10}O_{21}\cdot 12H_2O$	十钼酸钠·12水	1717.69	白	晶					÷	÷				
$Nd_2(MoO_4)_3$	钼酸钕	768.39	桃红	四		5133^{10}	1176		—					
$(NH_4)_2MoO_4$	钼酸铵	196.04	无	四棱	风化	2270^{25}	612		+ //	//	+	+稀氯化铵	—	—液氨、丙酮
$NiMoO_4$	钼酸镍	218.64	绿	晶					÷					
$(NH_4)_3Mo_{12}PO_4$	磷钼酸铵	1300.36	黄	粉					÷	+		+		
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$	七钼酸铵·4水	1235.86	无	单		2498	$-H_2O$ 90	// 190	44^{25}	//	+	+	—	
$PbMoO_4$	钼酸铅	367.14	白或黄	四	2.40	6700^{18}	1068		—		+N、Cl；//S	+湿碱		—乙酸
$Pr(MoO_4)_3$	钼酸镨	761.63	草绿	正		4840	1030		—					
$Sm_2(MoO_4)_3$	钼酸钐	780.51	紫红	八		5260	1074							
$Sn(MoO_4)_2$	钼酸锡	438.57							—		+Cl	+		
$SrMoO_4$	钼酸锶	247.58	无	四		4540			0.0104^{17}		+			—乙酸
$Y_2(MoO_4)_3$	钼酸钇	657.69	黄	四	2.03	4790	1347							
$ZnMoO_4\cdot H_2O$	钼酸锌·1水	243.34		针					÷		++			

表 16.1.3 钨酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2WO_4	钨酸银	463.59	淡黄	非淀			低红热		0.05^{15}		++N	$++NH_4OH$		+KCN溶液
$Al_2(WO_4)_3\cdot 8H_2O$	钨酸铝·8水	941.64		淀							++酒石酸			++磷酸，乙二酸
$BaWO_4$	钨酸钡	385.18	白	粉或八		5040	难熔解		÷		//热			++硝酸铵
$BaW_4O_{13}\cdot 9H_2O$	四钨酸钡·9水	1243.18		正		4298			//					
$Bi_2(WO_4)_3$	钨酸铋	1161.51	白	粉			易分解				+N			
$CaWO_4$	钨酸钙	287.93	白	四	1.926	6062			0.2^{18}		—；//热		$+NH_4Cl$	
$CdWO_4$	钨酸镉	360.26	无	晶或黄色晶粉					0.05		+乙二酸	$+NH_4OH$		+KCN，热磷酸

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CdWO_4 \cdot 2H_2O$	钨酸镉·2水	396.29	黄	非晶沉淀					—					
$Ce_2(WO_4)_3$	钨酸铈	1024.02	黄	四		6770[16]	1089							
$CoWO_4 \cdot 2H_2O$	钨酸钴·2水	342.81	紫	粉					—		—N	+磷酸	÷乙二酸	+温热乙二酸
$Cr_2(WO_4)_3 \cdot 20H_2O$	钨酸铬·20水	1207.87	绿	非、粉			$-13H_2O$ 100		—		+酒石酸	+磷酸	+乙二酸	+氯酸铬溶液
$CuWO_4 \cdot 2H_2O$	钨酸铜2水	347.43	绿黄	粉			红热		—			$+NH_4OH$	—乙二酸	+磷酸，乙酸
$Fe_2O_3 \cdot 4WO_3 \cdot 4H_2O$	钨酸铁·4水	1159.16							+					
$FeWO_4$	钨酸亚铁	303.70	不透明	晶										
$FeWO_4 \cdot 3H_2O$	钨酸亚铁·3水	357.75	棕	非、粉					—		// 沸酸		+乙二酸*	+沸磷酸
$HgWO_4$	钨酸汞	448.44	白黄或红黑	淀	不稳定				—					
Hg_2WO_4	钨酸亚汞	649.03	黄	淀			极易分解		—					
$K_2WO_4 \cdot 2H_2O$	钨酸钾·2水	362.08	白	三(或无单)		3113			51.5	151.5	+		—	
$K_2W_4O_{13} \cdot 8H_2O$	四钨酸钾·8水	1166.00		立			930		+	++				
$K_6W_7O_{24} \cdot 6H_2O$	七钨酸钾·6水	2014.11		正			//		2.15	6.6			—	
Li_2WO_4	钨酸锂	261.73		斜或八					+					
$MgWO_4$	钨酸镁	272.15	无	晶或八					—		// 热			
$MnWO_4 \cdot 2H_2O$	钨酸锰·2水	338.82	棕	针					—		—Cl	÷乙酸		+温热磷酸，酒石酸
Na_2WO_4	钨酸钠	293.83	白	斜		4179	696		表16.5.6					
$Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$	钨酸钠·2水	329.96	无	正毒	风化 1.553	3245	$-2H_2O$100		表16.5.6		—		—	÷液氨；+NH_4Cl；// 强酸
$Na_6W_7O_{24} \cdot 16H_2O$	仲钨酸钠·16水	2097.15	白	三		3987[14]	$-16H_2O$300		8	//				
$(NH_4)_2W_4O_{13} \cdot 8H_2O$	偏钨酸铵·8水	1123.89	无	晶			$-7H_2O$100		120[15]	+++				
$(NH_4)_{10}W_{12}O_{41}$	钨酸铵	3043.44	白	单					+				—	
$(NH_4)_2WO_4$	仲钨酸铵	283.91	白	晶		2300	3410	5660	+				—	
$(NH_4)_6W_7O_{24} \cdot 6H_2O$	仲钨酸铵·6水	1887.78		正			$-4H_2O$100		2.8[15]	4.5[22]			—	
$NiWO_4 \cdot 6H_2O$	钨酸镍·6水	414.65	绿	非、粉					—		+乙酸	$+NH_4OH$	—乙二酸	+温热磷酸
$PbWO_4$	钨酸铅	455.05	白	单			1123		÷	÷	// N*	+		$-NH_4OH$
$PbWO_4$	钨酸铅	455.05	无	四	2.269	8230			—		—N	+KOH		
$SnWO_4$	钨酸亚锡	366.54	黄	淀					—			+		+乙二酸
$SrWO_4$	钨酸锶	335.55	白	四		6181	//		0.14[15]		// 热			
$ZnWO_4$	钨酸锌	313.23	无	棱										

表 16.1.4 锰酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ag_2H_4TeO_6$	原碲酸四氢银	443.36	草黄	斜							+N、S			+氨水、氰化钾
$AgMnO_4$	高锰酸银	226.81	暗紫	单			//		0.55	++	// 沸			
$BaMnO_4$	锰酸钡	256.27	绿玉	六、粉		4850			−		//	//		
$Ba(MnO_4)_2$	高锰酸钡	375.21	深红	斜		3770	// 220		62.5^{11}	72.4^{25}			//	
$Bi(MnO_4)_3$	高锰酸铋	565.80	黑	粉					+					
$Ca(MnO_4)_2 \cdot 5H_2O$	高锰酸钙·5水	368.04	棕	棱	~	2400	//		331^{14}	388^{25}			//	
$Cd(MnO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高锰酸镉	458.37				2810	// 95		++	++				
$CsMnO_4$	高锰酸铯	251.84	紫	正		3597^{10}	// 320		0.093	1.31^{60}				
$KMnO_4$	高锰酸钾	158.04	暗紫	斜	甜涩 1.59	2703	//<240		表 16.5.7		+S		//	①
K_2MnO_4	锰酸钾	197.13	暗绿	斜			// 190		//	//		+KOH		
$K_3Mn(CN)_6$	氰锰酸钾	328.33	红	晶	1.5547				+					
$LiMnO_4 \cdot 3H_2O$	高锰酸锂·3水	179.93	暗紫	针		2060	104~107//		71.4^{16}			//		
$Mg(MnO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高锰酸镁·6水	370.29	红紫	针	≈		//		++	//				+乙酸、甲醇
$NaMnO_4$	高锰酸钠	141.93	红	晶	~		//		++	++				
$NaMnO_4 \cdot 3H_2O$	高锰酸钠·3水	195.97	红紫	粉粒	~	2460	// 170		144^{20}	733^{70}			//	+乙醚、液氨
$Na_2MnO_4 \cdot 10H_2O$	锰酸钠·10水	345.08	绿	单			17		+	//				+液氨
NH_4MnO_4	高锰酸铵	136.98		细长棱晶		2208	炸 60		8^{15}	//				
$PbMnO_4 \cdot 2H_2O$	锰酸铅·2水	362.17	棕	非粉					−					
$Pb(MnO_4)_2$	高锰酸铅	445.08		仅存溶液中						+N				
$RbMnO_4$	高锰酸铷	201.41		晶		3235^{10}	// 295		0.46^{2}	4.7^{60}				
$Sr(MnO_4)_2 \cdot 4H_2O$	高锰酸锶·4水	397.56		团、晶	~				+					
$Zn(MnO_4)_2 \cdot 6H_2O$	高锰酸锌·6水	411.34	紫棕	针		2470	$-5H_2O$ 100	//	++		//		//	
$Sr(MnO_4)_2 \cdot 3H_2O$	高锰酸锶·3水	379.54	红紫	立		2750	// 175		270^{0}	291^{18}				

① 溶于甲醇、丙酮、吡啶、液氨、冰乙酸；分解于 H_2O_2。

表 16.1.5　氰合铁酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶液
$Ag_4[Fe(CN)]_6$	六氰合铁(Ⅱ)酸银	643.43	白	沉淀					—		—	—氨水	//	+KCN；—铵盐
$Ag_6[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸银	1071.12	橙黄	粉					—		—	+氨水	$NH_3\cdot H_2O$*	+碳酸铵溶液
$Al_4[Fe(CN)_6]_3\cdot 17H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸铝·17水	1049.92	浅棕	粉			$-4H_2O$40		÷		÷Cl//			
$Ba_2[Fe(CN)_6]\cdot 6H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸钡·6水	594.70	黄	单					0.17^{15}	0.9	+ClNS′			
$Ba_3[Fe(CN)_6]_2\cdot 20H_2O$	六氰合铁(Ⅲ)酸钡·20水	1196.20							++	++			—	
$Bi_3[FeCN)_6]_5$	六氰合铁(Ⅲ)酸铋	1686.71	黄	非、粉			(湿时分解)		—	//				
$Bi_4[Fe(CN)_6]_5$	六氰合铁(Ⅱ)酸铋(Ⅳ)	1895.69	淡绿至白	淀			$-12H_2O$40		÷	÷				
$Ca_2[Fe(CN)_6]\cdot 12H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸钙·12水	508.30	浅黄	三	1.582	1700			86.8^{25}	150^{90}				
$Ca_3(Fe(CN)_6]_2\cdot 10H_2O$	六氰合铁(Ⅲ)酸钙·10水	724.30	红橙	针	≈				+				+稀	
$Ca_3[Fe(CN)_6]_2\cdot 12H_{20}$	六氰合铁(Ⅲ)酸钙·12水	760.25	红	针	～				+++	+++				
$Cd_2[Fe(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅱ)酸镉	436.77	白	粉					—		+Cl	+氨水		
$Cd_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸镉(Ⅱ)	761.14	浅黄	粉					—					
$Co_2[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸钴(Ⅲ)	600.74	红						—		—Cl	+氨水		
$Co_2[(Fe(CN)_6]\cdot 7H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸钴(Ⅱ)·7水	455.94	蓝至红	非、粉					—		—Cl；+S	÷氨水		—氯化铵；+KCN
$Co_3[Fe(CN)]_6$	六氰合铁(Ⅳ)酸钴	600.70	红棕	粉、针					—		—Cl	+氨水		
$Cr[Fe(CN)_6]$	六氯合铁(Ⅲ)酸铬	263.96	黄	非、粉										
$Cr_4[Fe(CN)_6]_3\cdot 20H_2O$	六氰含铁(Ⅱ)酸铬(Ⅲ)·20水	1204.19		非、粉										
$Cu_2[Fe(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅱ)酸铜(Ⅱ)	339.05	棕红	粉或淀					—		—	+氨水		+KCN、草酸铵
$Cu_2[Fe(CN)_6]\cdot 7H_2O$	六氟合铁(Ⅱ)酸铜(Ⅱ)·7水	465.17	红棕						—	—	—	+氨水		—液氨
$Cu_3[Fe(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅲ)酸铜	402.60	棕红	淀					—		—Cl	+氨水		—铵盐溶液
$Cu_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸铜	614.55	黄绿	粉					—	—	—Cl	+氨水		—铵盐；$+NH_4CO_3$
$Cu_4[Fe(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅱ)酸铜(Ⅰ)	466.14	棕红						—			+氨水		$-NH_4Cl$
$Fe_2[Fe(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅱ)酸铁(Ⅱ)	323.66	白至蓝	非、粉					—		—			+KCN
$Fe_2[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅱ)酸铁(Ⅱ)	535.62							→红棕液体					
$Fe_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸铁(Ⅱ)	591.47	深蓝				//		—		—	+	—	—稀无机酸、草酸
$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	六氟合铁(Ⅱ)酸铁(Ⅲ)	859.27	深蓝	粉或块		1800	//250		—	//	+Cl、S′	+	—	①
$K_3[Fc(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅲ)酸钾	329.25	暗红	单、棱	1.569	1850	//		表 6.1.4	表 6.1.4			÷÷	—液氨；+丙酮
$K_4[Fe(CN)_6]\cdot 3H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸钾·3水	422.40	柠檬黄	单或粉	1.577	1853	$-3H_2O$70	//>100	表 6.1.4	表 6.1.4	×N	+丙酮	—	—液氨，乙醚，乙酸甲酯

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶液
$Li_4Fe[(CN)_6]\cdot9H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸锂·9水	401.87		晶					＋	＋＋				
$Mg_2[Fe(CN)_6]\cdot10H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸镁·10水	440.73	淡黄	针			空气中稳定		＋	＋				
$Mg_2[Fe(CN)_6]\cdot12H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸镁·12水	476.79	苍蓝						33		－Cl	＋氨水		
$Mg_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸镁	496.83	红棕	非、团					＋		－			
$Mn_2[Fe(CN)_6]\cdot7H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸锰(Ⅱ)·7水	447.94	绿白	粉					－		//		－	一铵盐溶液
$Mn_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸锰(Ⅱ)	588.73	红棕	非、粉					－				－	一铵盐溶液
$Na_3[Fe(CN)_6]\cdot H_2O$	六氰合铁(Ⅲ)酸钠·1水	298.96	橘红	晶	毒≈				18.9	67	－		－	
$Na_3(Fe(CN)_6)]\cdot2H_2O$	六氰合铁(Ⅲ)酸钠·2水	316.96	红	棱					＋	＋＋				
$Na_4[Fe(CN)_6]\cdot10H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸钠·10水	484.10	柠檬黄	单	风化	1458			表6.1.4	表6.1.4			＋	×沸浓酸、硝酸
$(NH_4)_3[Fe(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅲ)酸铵	266.06	红	单			//		＋＋				－	
$(NH_4)_3[Fe(CN)_6]$-$3H_2O$	六氰合铁(Ⅲ)酸铵·3水	320.12	红	单、棱	1.660		失水		＋	＋			－	
$(NH_4)_4[Fe(CN)_6]$-$3H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸铵·3水	338.16	白青	单、晶			//		＋	＋＋				
$(NH_4)_4[Fe(CN)_6]\cdot6H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸铵·6水	392.21		单			//		÷	＋＋	－Cl	＋氨水		
$Ni_2(Fe(CN)_6)$-$11H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸镍·11水	527.52	绿白	非、粉					－		－Cl	＋氨水		一铵盐；＋KCN
$Ni_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸镍	60.02	红棕	非、粉					－		－			
$Pb_2[Fe(CN)_6]\cdot3H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸铅(Ⅱ)·3水	680.42	白至浅黄	淀(或黄至白粉)			受热失水	高温分解	－		－(÷S′)	一氨水		
$Pb_3[Fe(CN)_6]_2\cdot6H_2O$	六氰合铁(Ⅲ)酸铅(Ⅱ)·6水	1153.64	红	晶			///		÷	÷	÷S			
$Pb_3[Fe(CN)_6]_2\cdot16H_2O$	六氰合铁(Ⅲ)酸铅(Ⅱ)·16水	1333.77	红棕	粉					÷	//	＋			
$Sb_4[Fe(CN)_6]_3$-$25H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸锑(Ⅲ)·25水	1573.27	白黄	胶状沉淀					－					
$Sn[Fe(CN)_6].4H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸锡(Ⅳ)·4水	402.71	棕	淀					－		－			
$Sn_2[Fe(CN)_6]$	六氰合铁(Ⅱ)酸锡(Ⅱ)	449.36	白						－		＋N			
$Sn_2[Fe(CN)_6]\cdot4H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸锡(Ⅱ)·4水	521.40	白至淡绿	淀					－		－	÷氨水		
$Sn_3[Fe(CN)_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸锡(Ⅱ)	780.02	白						－		＋Cl*	＋		
$Sr_2Fe[Fe(CN)_6)]$-$15H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸锶(Ⅱ)·15水	657.45	黄	单	风化		空气中失7水		＋				÷	
$Tl_4[Fe(CN)_6]$-$2H_2O$	六氰合铁(Ⅱ)酸铊(Ⅰ)·2水	1065.55	黄	三		4641			0.37[18]	3.93[101]				
$Zn_2[Fe(CN)_6]\cdot3H_2O$	六氰合钦(Ⅱ)酸锌·3水	396.77	白	粉								一氨水		÷铵盐溶液
$Zn_3[Fe(CN')_6]_2$	六氰合铁(Ⅲ)酸锌	620.06	黄棕	非、粉					－		＋	一氨水		

① 不溶于稀矿物酸、乙醚、氢氧化铵；溶于乙二醇。

表 16.1.6 其他金属酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每 100g 溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2OAuCl_3	一氧三氯络金酸银	535.07	黄				50	//	—	—				
$Ag_4V_2O_7$	焦钒酸银	645.42					383							
$Ba(AuO_2)_2\cdot 5H_2O$	金酸钡·5水	685.35	绿						÷	÷				
$BaFeO_4$	铁酸钡	257.18	紫	粉					÷				÷	÷乙醚
$BaPtCl_4\cdot 3H_2O$	氯亚铂酸钡·3水	528.47				2868				+			+++93%	
$BaPtCl_5\cdot 6H_2O$	氯铂酸钡·6水	653.43	红	单		2860			+		//			
$BaPt(OH)_6$	六羟铂酸钡	434.64				4610[20]								
$BaPtO_3\cdot 4H_2O$	铂酸钡·4水	452.65	黄				$-3H_2O>300$				//			
$Ba_2V_2O_7$	焦钒酸钡	488.62	白				863							
$BeAl_2O_4$	铝酸铍	126.97	无	正	1.747	3760	1870							
$Be_3Al_2(SiO_3)_6$	铝硅酸铍	537.51	无	晶		2660	1410		—	—	—			
$Bi_2(SnO_3)_3$	锡酸铋	918.03	白	粉					—		—Cl,S			// 硝酸
$Ca(AlO_2)_2$	偏铝酸钙	158.02	无	正或单		3670	1600		//		+Cl			
$CaPbO_2$	亚铅酸钙	279.30		晶					÷					
$CaTiO_3$	偏钛酸钙	135.98				4100[25]	1975							
Ca_2PbO_4	原铅酸钙	351.35	红棕	晶		5710	//		—	//	+			
$CoPtBr_6\cdot 12H_2O$	溴铂酸钴·12水	949.86		晶		2762								
$CoPtCl_6\cdot 6H_2O$	氯铂酸钴·6水	575.01		晶		2699	//							
$CoPtI_6\cdot 9H_2O$	碘铂酸钴·9水	1177.83		晶		3618								
$CsAuCl_4$	氯金酸铯	471.69	黄	单					0.5[20]	27.5			+	
Cs_2PtCl_6	氯铂酸铯	673.79	黄	立					0.0047	0.0915				
$FePtCl_6\cdot 6H_2O$	六氯铂酸亚铁·6水	571.92	黄	六		2714	//		+++	+++				
$Hg(CNO)_3$	雷酸汞	284.65	白	立		4420	炸		÷	+		$+NH_4OH$	+	
$KAuBr_4$	四溴金酸钾	556.00	红	棕			//		+			+		
$KAuBr_4\cdot 2H_2O$	溴金酸钾·2水	592.00	深	棕					19.5[15]	204[67]		+乙醚		+KBr 水溶液
$KAuCl_4$	氯金酸钾	378.10	黄	单			//		61.8[20]	80.2[60]			25(98%)	
$KAu(CN)_2$	二氰亚金酸钾	288.30	无	正		3450			14.3	200				
$KAu(CN)_4\cdot 1\frac{1}{2}H_2O$	氰金酸钾·$1\frac{1}{2}$水	367.40	无	晶			$-1\frac{1}{2}H_2O200$		+	+++			+	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$KAuO_2 \cdot 3H_2O$	金酸钾·3水	322.40	苍黄				//		+	//			+	
$KC_6H_2N_3O_7$	苦味酸钾	267.20	黄、绿	正	1.903	1852	炸 310		0.5^{15}					
$KC_7H_5O_2 \cdot 3H_2O$	苯甲酸钾·3水	214.25	白	粉			$-3H_2O$ 110	//	52^{25}	112			+	
$K_2(AlO_9)_2 \cdot 3H_2O$	铝酸钾·3水	250.18	无	晶						//		+	−	
K_2FeO_4	铁酸钾	198.05	紫	固										
$K_2H_2Sb_2O_7 \cdot 4H_2O$	焦锑酸二氢二钾·4水	507.79	白	晶					2.82^{20}	+				
K_2IrCl_6	氯高铱酸钾	484.00	黑	立		3546	//		1.25^{10}	6.67				
K_2NOsCl_5	一氮五氯络锇酸钾	459.70	红	晶			//		÷		−Cl		−	
K_2OsCl_6	六氯络四价锇酸钾	481.10	红	立			$-3H_2O$ 150		+++				+++	−乙醚
$K_2OsO_4 \cdot 2H_2O$	六价锇酸钾·2水	368.40	紫红	立			$-H_2O$>100		÷	+			−	−乙醚
$K_4Os(CN)_6 \cdot 3H_2O$	六氰络二价锇酸钾·3水	556.70	无	单	1.6071		//		÷	+			−	−乙醚
K_2PbCl_6	氯高铅酸钾	498.14		立			//				+Cl*			
$K_2PbO_3 \cdot 3H_2O$	偏铅酸钾·3水	387.45	无	晶			//		//			+KOH	//	
K_2PdBr_4	四溴钯(Ⅱ)酸钾	504.21	红褐	针					++			−丙酮	−醚	
K_2PdCl_4	四氯络二价钯酸钾	326.70	红褐	晶					+					
K_2PdCl_6	六价钯酸钾	397.60	红褐	晶							+Cl*		−	
K_2PtCl_4	氯亚铂酸钾	415.25	红棕	四	1.64	3300			16.6	+			−	
K_2PtCl_6	氯铂酸钾	486.16	黄	立	1.825	3499	//250		0.478	5.03			−	−乙醚
$K_2PtO_3 \cdot 3H_2O$	铂酸钾·3水	375.47	黄	正			//		+				−	
$K2Pt(NO_2)_4$	四硝基铂(Ⅱ)酸钾	457.30	白	晶	空气中稳定				+				−	−有机试剂
$K_2Pt(OH)_6$	羟铂酸钾	387.44	黄	斜		5180			+				−	
$KReO_4$	高铼酸钾	289.41	白	四	刺激 1.643	4887	550	1370(↑)	1.01^{25}	10.4	//		÷	
$K_2RhCl_6 \cdot 3H_2O$	氯铑酸钾·3水	486.99	红	三		3300	//		÷	//			−	
$KRuO_4$	高钌酸钾	204.17	黑	四	>200℃不稳定		44		÷			→钌酸钾		(Δ−稀薄时)
$KSbO_2$	偏锑酸钾	208.86	褐	晶					−	÷		+KOH*		$-CS_2$
KSO_3F	氟磺酸钾	138.17	白				311.1		+	+			+甲醇	
KVO_3	偏钒酸钾	138.04	白至略淡黄	晶	危 6.1	2840	520		1.42	10.7^{25}			−	
$K_2RuO_4 \cdot H_2O$	钌酸钾·1水	261.92	黑(或金属光泽Δ)				$-H_2O$ 200		+++	//	//		//	(Δ−薄片呈红色)
$K_2SbS_4 \cdot \frac{9}{2}H_2O$	硫代锑酸钾·$\frac{9}{2}$水	448.37	黄	晶					300^{0}	400^{80}			−	
$K_2SnO_3 \cdot 3H_2O$	偏锡酸钾·3水	298.94	白	粉(或无晶)		2197	$-3H_2O$140		106.7^{10}	110.5^{20}		÷KOH	−	−丙酮
$K_2SnS_3 \cdot 3H_2O$	三硫代锡酸钾·3水	347.14	深褐	油		1847^{18}	$-3H_2O$100		+				−	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点	每 100g 溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$K_2SO_4 \cdot Fe(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$	铁钾矾・2 水	536.34	无	晶		1830	33		+				−	
K_2UO_4	铀酸钾	380.26	橙黄	正					−	−	+++			
$K_2UO_5 \cdot 3H_2O$	过铀酸钾・3 水	450.31	红	晶			// 100		//		// Cl			
$LiAlO_2$	偏铝酸锂	65.91				2554^{25}	>1625		−					
$LiSO_3F$	氟磺酸锂	106.01	白				360		+	+			+	+乙醚
$Li_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸锂・6 水	529.95	橙红	六			$-6H_2O$180		+	+			+	−乙醚
Li_2GeO_3	偏锗酸锂	134.47		单		3510^{21}	1239	÷			+			
$Mg(AlO_2)_2$	偏铝酸镁	142.26	无	立	1.718	3600	2135		−		−N;÷Cl			
$MgFeO_4$	铁酸镁	144.15	黑	八		4440-60	1750±25				−稀	−		+浓盐酸
$MgO \cdot Al_2O_3$	铝酸镁	142.26	无	立	1.718～2.30	3600	2135		−		−N;++Cl			
$MgPtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸镁・6 水	540.39		晶		2437	//							
$MgSO_4 \cdot KCl_3 \cdot H_2O$	钾泻盐・1 水	238.84	浅黄或白至灰白或淡红		玻璃光泽	2050-190								
$MnPtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸锰・6 水	571.00		晶		2692	//							
$NaAlO_2$	铝酸钠	81.97	白	单、无	≈		1650		+	++	//		−	
$NaAuCl_4 \cdot 2H_2O$	氯金酸钠・2 水	398.10	橙黄	正	1.5		//		150^{10}	990^{60}			+++纯	
$NaAuS \cdot 4H_2O$	硫代亚金酸钠・4 水	324.30	无	单			//		+				+	
$NaBiO_2$	偏铋酸钠	280.00	黄棕	粉					−	//	//			
$NaBiO_3$	偏铋酸钠	279.97	黄棕	粉					−	//				
$Na_2Fe_2O_4$	铁酸钠	221.69	黄						//		+++Cl			
Na_2SnO_3	锡酸钠	212.69	无	六或白色粉末			140		+				−	−丙酮
$Na_2SnO_3 \cdot 3H_2O$	锡酸钠・3 水	266.72	无	六、片	吸 CO_2		$-3H_2O$140		50^{0},67^{50},59^{100}				−	−丙酮
Na_2UO_4	铀酸钠	348.01	黄灰	斜					−	−	+	+		+碳酸盐
$Na_3VO_4 \cdot 16H_2O$	钒酸钠・16 水	472.20	无	针			866 Δ		++	//			−	(Δ−无水物)
$Na_4V_2O_7$	焦钒酸钠	305.89		六			654		+				−	$-NH_4Cl$,乙醚
$Na_2H_2Sb_2O_7 \cdot H_2O$	焦锑酸钠・1 水	421.55	无	晶					0.03^{12}	0.3			0.007^{12}Δ	(Δ—26%)
$NaO_3SCH_8 \cdot 2H_2O$	甲基磺酸钠・2 水	154.13	白	晶			65	//	+		//		+++	+++甘油
$NaO_3SC_6H_4OH \cdot 2H_2O$	4-羟基苯磺酸钠・2 水	232.21	白	晶					24^{25}	125		+甘油 20^{25}	0.7^{25};7.5^{76}	
$NaReO_4$	高铼酸钠	273.31	无	片			300		25^{20}	+			+	
$NaRuO_4 \cdot H_2O$	高钌酸钠・1 水	206.72	黑	晶			// 440		÷					
$NaSbO_2 \cdot 3H_2O$	偏亚锑酸钠・3 水	230.81	无	正		2864	//		//					

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$NaSbO_2 \cdot 3.5H_2O$	偏锑酸钠·3.5水	255.82	白	立			$-2H_2O$200		0.031^{22}	－乙酸	－	－	÷	÷铵盐;＋酒石酸,浓硫酸
$Na_2PtCl_4 \cdot 4H_2O$	氯亚铂酸钠·4水	455.12	红				100 //							
$Na_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸钠·6水	562.06	红	三			250	$-6H_2O$ 100		＋＋＋	＋＋＋		＋	－乙醚;＋氯水
$Na_2PtO_3 \cdot 3H_2O$	铂酸钠·3水	343.27	黄				$-3H_2O$150		＋				－	
Na_2UO_4	铀酸钠	348.06	黄						－	－	＋			＋碳酸盐溶液
$Na_2UO_5 \cdot 5H_2O$	过铀酸钠·5水	454.14	红	晶			// 100		//		// Cl			
$Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$	四硫代锑酸钠·9水	481.16	黄	立		1839			21.6	600^{80}			－	
$Na_3VO_4 \cdot 16H_2O$	钒酸钠·16水	472.20	无	针			866 Δ		＋＋＋	//			－	(Δ—无水物)
$Na_4V_2O_7$	焦钒酸钠	305.89		六			654		＋				－	
$NdVO_4$	原钒酸铷	259.18	淡红	无					÷					
NH_4ReO_4	高铼酸铵	268.24	白	六		3970	// >200		÷	＋				
$NH_4SbO_3 \cdot 2H_2O$	偏锑酸铵·2水	223.83		晶										
NH_4SO_2F	氟基磺酸铵	117.11	白				244.7		＋	＋		// NH_4OH		＋甲醇
$NH_4 \cdot SO_3 \cdot NH_2$	氨基磺酸铵	114.13	无	片			125	// 160						
$(NH_4)_2UO_4$	铀酸铵	338.11	黄红	无							＋			
NH_4VO_3	偏钒酸铵	116.98	白至淡黄	晶	毒	2326	// 200	0.52^{15}	7.0^{96} //				＋热	＋热乙醚
$(NH_4)_2CuCl_4 \cdot 2H_2O$	四氯络铜酸铵·2水	277.48	蓝	四	1.670	1990	//100		33.8	99.3^{80}	＋			
$(NH_4)_2IrCl_6$	六氯络四价铱酸铵	441.01	黑红	立		2856	//		0.556	4.38^{80}	＋Cl			
$(NH_4)_2OsCl_3 \cdot \frac{2}{3}H_2O$	氯锇酸铵·$\frac{3}{2}$水	359.66	红棕	晶					＋＋＋	//			＋＋＋	－乙醚
$(NH_4)_2OsCl_5 \cdot 1.5H_2O$	五氯络三价锇酸铵·1.5水	430.56	红褐	晶					＋＋＋	//			＋＋＋	－乙醚
$(NH_4)_2PbCl_6$	氯高铅酸铵	456.03	柠檬黄	立		2925	// 120		＋					
$(NH_4)_3[P(Mo_3O_{10})]_4$	钼磷酸铵	1930.55	黄	粉			//		0.03^{15}	－	－N	＋	－	
$(NH_4)_2PtCl_4$	氯亚铂酸铵	373.14	红	四			//		＋	＋＋＋				
$(NH_4)_2PtCl_6$	六氯铂酸铵	444.05	黄	立	1.8	3065	//		0.7^{15}	1.25			0.005	
NH_4ReO_4	高铼酸铵	268.24	白	片晶	不燃	3970	//		÷	＋＋＋				
$(NH_4)_2SnCl_6$	六氯锡酸铵	367.52	玫瑰	立		2400	//		33.3^{15}					
$(NH_4)_4CdCl_6$	氯镉酸铵	397.31		正	1.6038	2010^{20}	└－20		＋					
$[(NH_4)AuCl_4]_4 \cdot 5H_2O$	氯金酸铵·5水	1517.35	黄	单			$-5H_2O$100		＋				＋	
$NiPtBr_6 \cdot 6H_2O$	溴铂酸镍·6水	841.51	三			3715								
$NiPtCl_6 \cdot 6H_2O$	氯铂酸镍·6水	574.76		晶		2798								

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm^3)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Os(NH_3)_2(OH)_2$	二羟化二氨络锇	258.30					//				÷			
$Pb_3(SbO_4)_2$	锑酸铅	993.15	橙黄	粉					—	—	—稀			
$PbTiO_3$	钛酸铅	303.09	黄	正		7520			—					
$BaTiO_3$	钛酸钡	233.26	浅灰	正	毒	6020			—	—	+S			+氢氟酸
Rb_2PtCl_6	氯铂酸铷	578.93	黄	立		3940	//		0.014	0.33			—	
$Rb_2RuO_2Cl_4$	二氧四氯络六价钌酸铷	446.50	深红紫	立					//		+Cl;//S,N			
$[Rh(NH_3)_5Cl]Cl_2$	二氯化一氯五氨络铑	294.42	黄						0.834^{25}					
$TlVO_3$	偏钒酸亚铊	303.34	深红	晶		6090^{17}	424		0.087^{11}	0.21				
Tl_2PtCl_6	氯铂酸亚铊	816.75	橙			5760^{17}			0.0064^{25}	0.05				
$Tl_4V_2O_7$	焦钒酸亚铊	1031.46				8210^{20}	454		÷	÷÷				
$ZnFe_2O_4$	铁酸锌	241.08	黑	立		5330^{20}	1590				+Cl′		—	

表 16.1.7　金属酸盐的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
高锰酸钙	10118-76-0	51049	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
高锰酸钠	10101-50-5	51047	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
重铬酸钠	10588-01-9	51520	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
重铬酸钾	7778-50-9	51520	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R8; R21; R25; R26; R34; R42/43; R45; R46; R48/23; R50/53;R60;R61	S45;S53;S60;S61
重铬酸铵	7789-9-5	51520	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		
高铼酸钾	10466-65-6	51508		助	※	※	乙	※	W,R,T	5.1	R8;R36/37/38	S17;S26;S36
高铼酸铵	13598-65-7	51507		助	※	※	乙	※	W,R,T	5.1	R36/37/38;R8	S24/25
高锰酸钾	7722-64-7	51048	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1	R22;R50/53;R8	S60;S61
铬酸铅	7758-97-6			助	※	※	乙	※	K		R33;R40;R50/53;R61;R62	S13;S20/21
锰酸钾	10294-64-1	51506	—	助	※	※	乙	※	W,T	5.1		

16.2 密　　度

表 16.2.1　铬酸盐水溶液密度　　　　单位：g/cm³

名　称	温　度/℃	浓　　度(质量分数)/%									
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18
K_2CrO_4	15	1.007	1.016	1.032	1.049	1.066	1.083	1.101			
K_2CrO_4	18	1.007	1.015	1.031	1.048	1.065	1.082	1.100	1.118	1.137	1.156
$K_2Cr_2O_7$	15	1.005	1.012	1.026	1.041	1.055	1.072	1.086	1.101	1.109^{15}	
Na_2CrO_4	18	1.007	1.016	1.034	1.053	1.072	1.091	1.111	1.311	1.152	1.173
$Na_2Cr_2O_7$	15	1.006	1.013	1.027	1.041	1.056	1.070	1.084	1.098	1.112	1.126
$Na_2Cr_2O_7$	d_{15}^{15}	1.008	1.015	1.028	1.045	1.061	1.077	1.095	1.112	1.130	1.147
$(NH_4)_2CrO_4$				1.023^{20}			1.059^{13}				
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	12	1.005	1.011	1.022	1.034	1.046	1.059	1.072	1.085	1.098	1.112
名　称	温　度/℃	浓　　度(质量分数)/%									
		20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
K_2CrO_4	18	1.175	1.195	1.215	1.235	1.256	1.278	1.235	1.396		
Na_2CrO_4	18	1.194	1.216	1.238	1.261						
$Na_2Cr_2O_7$	15	1.140	1.153	1.166	1.179	1.193	1.207	1.244	1.279	1.312	1.342
$Na_2Cr_2O_7$	d_{15}^{15}	1.166	1.184	1.204	1.220	1.235	1.248	1.283	1.323	1.383	1.447
$(NH_4)_2CrO_4$		1.120^{14}				1.171^{20}					
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	12	1.126	1.137								

表 16.2.2　钼酸钠水溶液的密度（15℃）

浓度(质量分数)/%	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
ρ/(g/cm³)	1008	1016	1034	1053	1071	1091	1110	1130	1151	1172	1194	1217

表 16.2.3　钨酸钠水溶液的密度（20℃）

浓度(质量分数)/%	1	2	4	6	8	10	12	14
ρ/(g/cm³)	1.0074	1.0166	1.0354	1.0546	1.0742	1.0944	1.1154	1.1372
浓度(质量分数)/%	16	18	20	22	24	30	40	
ρ/(g/cm³)	1.1598	1.1833	1.2076	1.2328	1.2590	1.3444	1.5156	

表 16.2.4　高锰酸钾水溶液的密度（15℃）

浓度(质量分数)/%	1	2	3	4	5	6
ρ/(g/cm³)	1.0060	1.0130	1.0200	1.0271	1.0342	1.0414

表 16.2.5　铝酸钠水溶液的密度

Al_2O_3/(g/L)	Na_2O/(g/L)	温度/℃	密度/(g/cm³)
28.5	62.04	80	1.07
29.65	29.67	80	1.03
34.9	31.76	30	1.13
		40	1.12
		50	1.12
		60	1.11
		80	1.10
54.00	61.64	80	1.10
59.30	59.34	80	1.10
85.50	186.1	80	1.22
88.95	89.01	80	1.15
104.7	95.28	30	1.25
		40	1.24
		50	1.23
		60	1.23
		80	1.23
111.5	216.0	80	1.27
114.0	248.2	80	1.29
127.4	246.9	70	1.32
128.2	279.2	30	1.36
		40	1.35
		50	1.34

续表

Al_2O_3 /(g/L)	Na_2O /(g/L)	温度/℃	密度/(g/cm³)
128.2	279.2	60	1.34
		80	1.33
134.0	208.0	80	1.33
135.0	154.1	80	1.25
139.6	127.0	80	1.27
142.5	310.2	30	1.48
		40	1.47
		50	1.46
		60	1.46
		80	1.44
143.4	277.7	80	1.35
159.3	308.6	80	1.39
177.9	178.0	80	1.29

Al_2O_3 /(g/L)	Na_2O /(g/L)	温度/℃	密度/(g/cm³)
207.6	207.7	80	1.35
237.20	237.36	30	1.40
		40	1.40
		50	1.38
		60	1.37
243.0	277.4	80	1.37
266.85	267.43	80	1.42
		30	1.46
		40	1.45
		50	1.44
		60	1.43
		80	1.42

16.3　黏　　度

表 16.3.1　铬酸盐水溶液的黏度　　单位：mPa·s

（1）$K_2Cr_2O_7$

浓度(质量分数)/%	温　　度/℃		
	25	40	75
4.78	0.87	0.65	0.35
9.06	0.89	0.68	0.36
14.92		0.70	0.39
25.0			0.48
35.0			0.62

（2）Na_2CrO_4

浓度(质量分数)/%	温　　度/℃		
	25	40	75
8.98	1.06	0.85	0.42
16.23	1.38	1.06	0.58
22.96	1.88	1.40	0.78
28.79	2.62	1.88	1.08
34.55	3.75	2.61	1.43
39.12	5.54	3.58	1.88

（3）$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$

浓度	温　　度/℃			浓度	温　　度/℃		
(质量分数)/%	25	40	75	(质量分数)/%	25	40	75
10	0.96	0.70	0.42	50	2.41	1.75	1.12
20	1.08	0.80	0.50	55	3.01	2.15	1.32
30	1.30	0.98	0.64	60	3.94	2.76	1.60
40	1.70	1.24	0.83	65	5.38	3.67	1.94
45	2.00	1.46	0.97	70	8.26	5.23	2.44

（4）$(NH_4)_2Cr_2O_7$

浓度	温　　度/℃			浓度	温　　度/℃		
(质量分数)/%	25	40	75	(质量分数)/%	25	40	75
5.16	0.86	0.66	0.34	23.22	0.94	0.74	0.44
9.76	0.86	0.68	0.35	29.6	—	0.81	0.51
17.57	0.90	0.72	0.39	43.3	—	—	0.69

表 16.3.2　铬酸盐水溶液的比黏度（$\eta/\eta_{水}$，25℃）

名　　称	浓度/(mol/L)			
	1.0	0.5	0.25	0.125
铬酸钾	1.1133	1.0528	1.0224	1.0116
重铬酸钾		1.0061	1.0034	0.9999

表 16.3.3　重铬酸钾的黏度　单位：mPa·s

温度/℃	400	450	500
η	13.2	9.8	7.0

表 16.3.4　铝酸钠水溶液的黏度

Al_2O_3 /(g/L)	Na_2O /(g/L)	温度 /℃	黏度 /mPa·s
28.5	62.04	80	1.86
29.65	29.67	80	0.77
34.9	31.76	30	1.13
		40	1.01
		50	0.89
		60	0.89
		80	0.77
54.00	61.64	80	0.88
59.30	59.34	80	0.88
85.50	186.1	80	1.38
88.95	89.01	80	1.09
104.7	95.28	30	2.64
		40	2.23
		50	1.69
		60	1.65
		80	1.10
111.5	216.0	80	2.03
114.0	248.2	80	2.06
127.4	246.9	70	2.58
128.2	279.2	30	9.93
		40	7.29
		50	5.09
		60	4.03
		80	2.66
134.0	208.0	80	1.99
135.0	154.1	80	1.48
139.6	127.0	80	1.56
142.5	310.2	30	14.2
		40	9.70
		50	6.71
		60	5.07
		80	3.15
143.4	277.7	80	2.56
159.3	308.6	80	3.76
177.9	178.0	80	1.94
207.6	207.7	80	3.38
237.20	237.36	30	18.5
		40	11.9
		50	8.28
		60	5.61
243.0	277.4	80	3.42
266.85	267.43	80	4.69
		30	30.1
		40	18.1
		50	11.8
		60	8.58
		80	4.69

16.4　表 面 张 力

表 16.4.1　铬酸钠水溶液和重铬酸钾的表面张力

（1）铬酸钠水溶液（30℃）　　单位：mN/m

浓度/(mol/L)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	7
σ	72.6	74.1	75.7	77.5	79.5	81.4	85.4	90.4	95.9	98.6
浓度(质量分数)/%	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
σ	71.75	72.77	73.86	75.17	76.97	79.39	81.56	84.49	89.43	95.55

（2）重铬酸钾（N_2中）的表面张力：420℃时为 140mN/m；480℃时为 138mN/m；535℃时为 135mN/m。

表 16.4.2　钼酸钠的表面张力

温度/℃	700	800	900	1000	1100	1200
σ/(mN/m)	214	204	195	187	181	175

表 16.4.3　钨酸钠溶液的表面张力　　单位：mN/m

温度/℃	750	800	900	1000	1200	1400	1600
Na_2WO_4表面张力	201	197	191	184	170	156	141

表 16.4.4　铝酸钠水溶液的表面张力

Al_2O_3 /(g/L)	Na_2O /(g/L)	温度 /℃	表面张力 /(mN/m)	Al_2O_3 /(g/L)	Na_2O /(g/L)	温度 /℃	表面张力 /(mN/m)
28.5	62.04	80	66	134.0	208.0	80	80
29.65	29.67	80	69	135.0	154.1	80	79
		30	78	139.6	127.0	80	82
		40	76			30	94
34.9	31.76	50	75			40	93
		60	75	142.5	310.2	50	90
		80	75			60	90
54.00	61.64	80	70			80	88
59.30	59.34	80	72	143.4	277.7	80	88
85.50	186.1	80	73	159.3	308.6	80	88
88.95	89.01	80	75	177.9	178.0	80	82
		30	80	207.6	207.7	80	90
		40	80			30	95
104.7	95.28	50	80			40	95
		60	78	237.20	237.36	50	93
		80	78			60	91
111.5	216.0	80	77	243.0	277.4	80	90
114.0	248.2	80	80			80	87
127.4	246.9	70	80			30	97
		30	88	266.85	267.43	40	97
		40	86			50	95
128.2	279.2	50	84			60	95
		60	86			80	93
		80	78				

16.5　溶　解　度

表 16.5.1　铬酸盐在水中的溶解度（Ⅰ）

分子式	名称	无水铬酸盐在下列温度(℃)时100g水中最大溶解质量/g												
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150
$BaCrO_4$	铬酸钡	0.20	0.28	0.37		0.46	mg							
$CaCrO_4$	铬酸钙	4.13	3.12	2.50	2.19	1.89	1.48	1.12	0.91	0.70	0.56	0.50	0.44	
$K_2Cr_2O_4$	铬酸钾	59	61	63		65	67	69	71	73	75	77	79	
K_2CrO_7	重铬酸钾	5.0	8.5	13.1		18.2	29.2	37.0	50.5	61.5	73.0	96.2	102	
Na_2CrO_4	铬酸钠	31.8	48.2	75.0	84.5	89.9	95.3	103	115	122	125	126	127	133
$Na_2CrO_4 \cdot 4H_2O$	铬酸钠・4水					88.7	95.9	104	115					
$NaCrO_4 \cdot 10H_2O$	铬酸钠・10水	31.7	50.2	88.7									∞	
Na_2CrO_7	重铬酸钠	62		64^{18}									81^{98}	
$NaCrO_7 \cdot 2H_2O$	重铬酸钠・2水	164	170	180	187	194	211	233	260		355		418	
$(NH_4)_2CrO_4$	铬酸铵	25.0	26.5	33.0	36.8	40.4	46.6	51.9	58.6	71.2	81.8^{75}			
$(NH_4)_2CrO_7$	重铬酸铵	18.3		35.6		46.5	58.4	71.4	86.0		115		156	
Tl_2CrO_4	铬酸亚铊			4	5	7	12	19	30	46	67	108	200	

表 16.5.2　铬酸盐在水中的溶解度（Ⅱ）

温度/℃	140	165	190	210	225	245	260	270	280	296	305	315	335	350	372
$NaCrO_4$溶解度(质量分数)/%	56	57	58	59	60	61	62	63	64	66	67	68	70	73	76

温度/℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
K_2CrO_7溶解度(质量分数)/%	4.3	7.8	11.7	16.1	20.9	26.0	31.3	36.6	42.0	46.5	50.2

表 16.5.3　铬酸钾在各种溶剂中的溶解度

（1）NaCl 溶液

NaCl 浓度/(mol/L)	0	0.42	0.86	1.73	2.59	3.30	3.40	4.25
溶解度/(mol/L)	4.17	4.05	3.85	3.25	2.73	2.39	2.28	2.24

（2）KCl 溶液

KCl 浓度/(mol/L)	0.40	0.46	1.31	1.72	2.18	2.70
溶解度/(mol/L)	3.86	3.84	3.24	2.94	2.62	2.38

（3）$MgCl_2$溶液

$MgCl_2$浓度/(mol/L)	0.42	0.86	1.73	2.27	2.76	3.26
溶解度/(mol/L)	3.79	3.05	2.15	1.37	0.65	0.52

（4）KBr 溶液

KBr 浓度/(mol/L)	0.41	0.82	1.24	1.78	2.19	2.70
溶解度/(mol/L)	3.78	3.45	3.13	2.75	2.50	2.19

（5）NH_4Cl 溶液

NH_4Cl 浓度/(mol/L)	0.45	0.83	1.81	2.34	2.73	3.76	4.51
溶解度/(mol/L)	3.84	3.46	2.79	2.50	2.21	1.74	1.43

表 16.5.4　重铬酸钾在各种溶剂中的溶解度

（1）LiCl 溶液

LiCl 浓度/(mol/L)	0	0.49	0.92	1.78	2.78	3.61	4.49
溶解度/(mol/L)	0.482	0.463	0.425	0.377	0.308	0.228	0.220

（2）NaCl 溶液

NaCl 浓度/(mol/L)	0.47	0.94	1.91	2.84	3.80	4.21	5.63
溶解度/(mol/L)	0.485	0.497	0.465	0.437	0.388	0.373	0.343

（3）NH_4Cl 溶液

NH_4Cl 浓度/(mol/L)	0.73	1.79	2.59	3.10	4.00	5.32
溶解度/(mol/L)	0.470	0.423	0.387	0.360	0.305	0.152

（4）$MgCl_2$溶液

$MgCl_2$浓度/(mol/L)	0.245	0.465	0.921	1.155	1.370	1.575
溶解度/(mol/L)	0.463	0.440	0.373	0.345	0.318	0.293

（5）$CaCl_2$溶液

$CaCl_2$浓度/(mol/L)	0.120	0.225	0.460	0.705	0.820	0.935	5.71
溶解度/(mol/L)	0.480	0.485	0.473	0.448	0.437	0.427	0.313

（6）$SrCl_2$溶液

$SrCl_2$浓度/(mol/L)	0.255	0.500	1.010	1.140	1.420	1.735
溶解度/(mol/L)	0.482	0.485	0.455	0.448	0.437	0.397

表 16.5.5　钼酸盐在水中的溶解度

分子式	名　　称	在下列温度(℃)下无水物在 100g 水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Na_2MoO_4	钼酸钠	44	60	68	70	70	70	69	70	74	79	83	84
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	钼酸钠·2 水	56.2		65.0	65.4	66.1	68.4	70.7	72.6	74.0	75.5	78.2	83.8
$Na_2MoO_4 \cdot 10H_2O$	钼酸钠·10 水	44.3	64.7										

表 16.5.6　钨酸盐在水中的溶解度

分子式	名　　称	下列温度(℃)钨酸盐在 100g 水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Na_2WO_4	钨酸钠	57.5	72.1	73.0	74.4	75.5	77.9	80.9	84.2	87.4	90.1	93.2	96.8
$Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$	钨酸钠·2 水	71.6	72.0	72.4	73.5	74.9	77.9	81.2	84.5	87.9	91.2	94.3	97.2
$Na_2WO_4 \cdot 10H_2O$	钨酸钠·10 水	57.6											
$Na_{10}W_{12}O_{41}$	重钨酸钠①	2.1	4.2	7.5	9.0	11.4	18.0	26.5	35.0	43.0	52.0	61.0	70.0

①单位为%（质量分数）。

表 16.5.7　高锰酸钾在水中的溶解度

（1）水

温　　度/℃	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
浓度(质量分数)/%	2.75	4.01	4.95	6.00	7.00	8.28	8.30	11.09	12.73	14.35	16.2	20.02

（2）重水

温度/℃	D_2O(摩尔分数)/%	溶解度/[$molKMnO_4$/100mol(H_2O+D_2O)]	温度/℃	D_2O(摩尔分数)/%	溶解度/[$molKMnO_4$/100mol(H_2O+D_2O)]
5	0	0.4002	25	0.0	0.8696
	91.59	0.302		90.88	0.7000
	100.0	0.293		100.0	0.6815
15	0.0	0.600	35	0.0	1.1224
	90.86	0.471		90.86	1.1010
	100.0	0.458		100.0	0.989

表 16.5.8　高锰酸钾在 K_2CO_3 溶液中的溶解度　　　单位：mol/L

温　　度/℃	0.05mol/L	0.5mol/L	1mol/L	2mol/L	3mol/L
0	0.1462	0.0629	0.0446	0.027	0.0156
25	0.4375	0.2589	—	0.093	—
40	0.7380	0.5007	0.3519	—	—

表 16.5.9　高锰酸钾在 KOH 溶液中的溶解度　　　单位：mol/L

温　　度/℃	H_2O	KOH 水溶液浓度/(mol/L)					
		1	2	4	6	8	10
0	0.176	0.050	0.031	0.027	0.023	0.017	0.012
10	0.278	0.112	0.068	0.048	0.042	0.028	0.016
20	0.411	0.179	0.119	0.079①	0.074②	0.032	0.029
30	0.573	0.316①	0.213①	0.149	0.114	0.062①	0.040
40	0.792	0.439	0.306	0.211	0.161	0.084	0.052
50	1.154③	0.638	0.462	0.304	0.219	0.111	—
70	1.812	1.172	0.869	0.572	0.390	0.188	0.082
80	—	1.513	1.190	—	0.500	0.231	—
90	—	—	—	—	0.649	0.297	—

① 32℃；②19℃；③ 53℃。

表 16.5.10 高锰酸钾在氯化钾溶液中的溶解度 单位：mol/L

温度/℃	KCl	0.1	0.36	0.5	0.61	1.0	1.65	2.0	2.32	2.89	4.06
0	$KMnO_4$	0.1395		0.076		0.053		0.038			
25		0.4315	0.312	0.306	0.260	0.220	0.148	0.1432	0.116	0.102	0.080
40		0.738		0.584		0.444		0.288			

表 16.5.11 高锰酸钾在各种盐溶液中的溶解度（25℃） 单位：mol/L

（1）LiCl 溶液

LiCl	0.0	0.50	1.0	2.0	3.0	5.0
$KMnO_4$	0.450	0.436	0.409	0.340	0.278	0.164

（2）NaCl 溶液

NaCl	0.50	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$KMnO_4$	0.464	0.456	0.434	0.384	0.353	0.301

（3）$MgCl_2$溶液

$MgCl_2$	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$KMnO_4$	0.401	0.350	0.224	0.140	0.084	0.016

（4）$CaCl_2$溶液

$CaCl_2$	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
$KMnO_4$	0.450	0.436	0.382	0.298	0.206	0.161

（5）NH_4Cl 溶液

NH_4Cl	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
$KMnO_4$	0.394	0.338	0.254	0.196	0.168	0.148

（6）$SrCl_2$溶液

$SrCl_2$	0.0	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0
$KMnO_4$	0.450	0.454	0.446	0.406	0.324	0.270

表 16.5.12 高锰酸钾在丙酮溶液中的溶解度

浓度/(mL 丙酮/100mL 溶剂)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
溶解度/(g $KMnO_4$/100mL 饱和溶液)	4.70	5.13	5.61	6.59	8.14	9.16	10.02	10.38	9.89	7.18	2.14

表 16.5.13 一些金属酸盐在水中的溶解度 单位：g/L

名称	温度/℃							
	−5	0	10	18	20	25	30	35
$NaSnO_3 \cdot 3H_2O$	2.46	2.44	2.40	2.34	2.32	2.27	2.21	2.13
$NaVO_3$						211	230	246
$NaVO_3 \cdot 2H_2O$						153	190	242
NH_4VO_3				4.35	4.80	6.08	8.40	10.77

名称	温度/℃						
	40	45	50	55	60	70	80
$NaSnO_3 \cdot 3H_2O$	2.05	1.98	1.91				
$NaVO_3$	262	277	294	312	330	369	406
$NaVO_3 \cdot 2H_2O$	302	376	467	568	684		
NH_4VO_3	13.2	15.71	17.8	19.97		30.5	

16.6 冰 点

表 16.6.1 高锰酸钠的冰点

温度/℃	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
t_i	−0.5	−0.9	−1.4	−2.0	−2.5	−3.2	−3.8	−4.6	−5.3	−6.1
温度/℃	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
t_i	−7.0	−7.7	−8.5	−9.5	−10.3	−11.2	−12.2	−13.2	−14.1	−15.0
温度/℃	41.4	42	44	46	48	50	52	54	56	58
t_i	−15.8[1]	−14.7	−10.7	−6.2	−2.0	2.2	6.6	10.8	15.0	18.9
温度/℃	60	62	64	66	68	70	72	74	75	75.2
t_i	22.5	25.8	30.7	31.3	33.7	35.3	36.0[2]	35.3	34	33.7[3]

续表

温　　度/℃	76	78	80	82	83	84	86	88	90	90.7
t_i	36.4	45.6	51.5	59.0	62.5	65.2	67.7	68.7④	68.0	66.2⑤

① 固相冰＋$NaMnO_4 \cdot 3H_2O$。

② 三水物的熔点。

③ 固相 $NaMnO_4 \cdot 3H_2O + NaMnO_4 \cdot H_2O$。

④ 一水物的熔点。

⑤ 固相可能为 $NaMnO_4 \cdot H_2O + NaMnO_4 \cdot | H_2O$。

注：2～40℃时固相为冰；41.4～75℃时固相为三水含锰酸钠；75.2～90.7℃时固相为水合锰酸钠。

16.7　比　热　容

表 16.7.1　重铬酸铵的比热容　　单位：kJ/（kg·℃）

温度/℃	5	10	15	20	25	30
$(NH_4)_2Cr_2O_7$的比热容	3.975	3.783	3.592	3.427	3.280	3.141

表 16.7.2　铬酸盐水溶液的比热容　　单位：kJ/（kg·K）

名　　称	浓度(质量分数)/%								
	2	5	10	20	30	40	50	60	70
K_2CrO_4				3.271		2.542			
$K_2Cr_2O_7$	4.042	3.936	3.730	3.64[12]					
Na_2CrO_4		3.890	3.647	3.481	3.397	2.987			
$Na_2Cr_2O_7$			3.820	3.495	3.246	2.978	2.721	2.497	2.280

表 16.7.3　钨酸钙的比热容　　单位：kJ/（kg·K）

温度/K	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
c_p	0.0735	0.0955	0.1188	0.1413	0.1624	0.1828	0.2203	0.2520	0.2795	0.3032	0.3229
温度/K	220	240	260	280	300	320	350	400	450	500	550
c_p	0.3411	0.3578	0.3728	0.3852	0.4002	0.4329	0.4409	0.4488	0.4568	0.4647	0.4727
温度/K	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1073
c_p	0.4806	0.4886	0.4966	0.5045	0.5125	0.5204	0.5284	0.5363	0.5443	0.5523	0.5560

注：前段（50～300K）试件成分为 80.59%WO_3，19.49%CaO。

表 16.7.4　铝酸钠的比热容　　单位：J/（mol·K）

温度/K	298	300	400	500	600	700	740	740	800	900
c_p	73.583	73.859	84.117	89.681	93.403	96.259	97.255	97.255	98.645	100.76
温度/K	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
c_p	102.71	104.56	106.32	108.04	109.72	111.36	112.99	114.60	116.20	117.79

注：740K 前为固体，其后为液体。

表 16.7.5　铝酸钠水溶液的比热容

温度/℃	溶液组成(体积比)		c_p /[kJ/(kg·℃)]	温度/℃	溶液组成(体积比)		c_p /[kJ/(kg·℃)]
	Al_2O_3	Na_2O			Al_2O_3	Na_2O	
25	50	69	3.785	25	171	210	3.437
25	23	158	3.647	84	283	253	3.433
25	120	150	3.550	92	245	208	3.684
25	130	380	3.354	95	—	222	3.559

表 16.7.6 偏钛酸钙的比热容 单位：kJ/（kg·K）

温度/K	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1530	>1530
c_p	0.377	0.431	0.458	0.473	0.483	0.491	0.496	0.501	0.505	0.509	0.512	0.515	0.518	0.519	0.515

注：试件成分中含 0.69%酸可溶 CaO 及 0.05%CO_2，在 1530K 时a体向b体转变。

表 16.7.7 铁酸锌的比热容 单位：kJ/（kg·K）

温度/K	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35
c_p	0.0015	0.0168	0.0381	0.1200	0.0519	0.0448	0.0389	0.0351	0.0322	0.0299	0.0326	0.0390
温度/K	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
c_p	0.0480	0.0585	0.0706									
c_p^*			0.730	0.976	0.1255	0.1534	0.1805	0.2089	0.2373	0.2648	0.2914	0.3172
温度/K	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300
c_p^*	0.3425	0.3659	0.3876	0.4018	0.4272	0.4459	0.4631	0.4784	0.5072	0.5330	0.5537	0.5733

注：c_p所对应的试件材质：成分为 46.24%Fe，27.2%Zn，<0.1%硝酸亚铁，0.01%～0.1%Al，0.01%～0.1%Mn，其他包括 CO、Mg、Ni 及 S 均为 0.001%～0.01%。加压后在空气中烧至 1100℃共 14h，过 30 目筛后成为棒，再在 1100℃下烧 12h，然后炉中冷却 16h。

c_p^*所对应的试件材质：成分为 66.11%Fe_2O_3，33.89%ZnO，在 940～1280℃加热 18 天，边加热边研磨和混合。

16.8 蒸 气 压

表 16.8.1 钼酸钠水溶液的蒸气压降低值

浓度/(mol/L 水)	0.5	1.0	2	3	4
压降 Δp/kPa	1.9732	4.4796	9.5459	15.425	21.678

16.9 热 导 率

表 16.9.1 重铬酸钠水溶液的热导率（20℃） 单位：W/(m·K)

浓度(质量分数)/%	0	10	20	30	40	50
$Na_2Cr_2O_7$的热导率	0.598	0.593	0.585	0.576	0.567	0.558

表 16.9.2 一些金属酸盐的热导率 单位：W/（m·K）

名称	温度/K												
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	25
铁酸锌	0.032	0.069	0.104	0.158	0.211	0.353	0.539	0.712	0.966	0.124	0.151	0.175	2.594
铁酸锌钴	0.061	0.109	0.180	0.248	0.298	0.493	0.597	0.765	0.830	0.966	1.102	1.281	1.404
钛酸铜				4.200	5.400	7.500	9.700	11.80	13.70	15.60	17.30	18.90	22.20
名称	温度/K												
	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130
铁酸锌									3.971	3.971	3.973	3.989	4.08
钛酸铜	24.00	24.80	25.00	24.20	22.99	20.30	17.80	15.50	13.60	12.00	10.80	9.849	9.073
名称	温度/K												
	140	150	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300
铁酸锌	4.024	4.030	4.030	4.025	4.020	4.017	4.017	4.020	4.087	4.143	4.046	3.998	4.000
钛酸铜	8.30	7.70	7.10	6.65	6.20	5.85	5.50	5.25	5.00	4.65	4.50	4.55	4.80
名称	温度/K												
	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650	700	750	800
铁酸锌	4.040	4.098	4.062	4.063	4.061	4.104							
钛酸铅	4.065	3.621	3.415	3.355	3.378	3.331	3.003	2.556	3.090	3.118	2.755	3.021	3.116

续表

名　　称	温　　度/K												
	320	340	360	380	400	450	500	550	600	650	700	750	800
偏钛酸钙	4.638	4.391	4.448	4.269	4.150								
锆酸铅	1.356	1.356	1.342	1.308	1.301	1.336	1.472	1.491[530]					
锡酸镁	8.091	7.861	7.571	7.302	7.012								

注：材质状态如下。

（1）铁酸锰：试件为主要金属混合物，成分为 38.4%Fe 和 33.7%Mn。试件长 4.92cm，截面积为 0.434cm²。

（2）铁酸锌钴：试件的主要金属成分为 55.8%Fe、11.6%Co 和 6.46%Zn，试件长 4.37cm，截面积为 0.329cm²。

（3）钛酸钡：试件为多晶体，尺寸为 1mm [redacted]1mm [redacted]7mm。

（4）铁酸锌：试件是由 66.24%分析纯 Fe_2O_3 和 33.76%ZnO 研磨后的混合物经过加热处理而成。

（5）钛酸铅：试件制备过程是，化学纯 PbO 和专门品位的 TiO_2 的粗粉料掺水混合，压成圆饼，在硅碳炉中烘烤。然后将其粉碎过筛，再压制成圆饼（直径 2.235cm，厚度 0.395cm）；再在 1250℃下烧结 2h。密度为 6.86g/cm³，总孔率 14.6%。

（6）锆酸铅：试件制备过程是，特定品位的 PbO 和化学纯品位的 ZrO_2 的粗粉掺水混合，压成圆饼，在硅碳炉中烘烤。然后将其粉碎过筛，再压制成圆饼（直径 2.12cm，厚度 0.3274cm）；再在 1200℃下烧结 2h。密度为 6.05g/cm³，总孔率 25.5%。

（7）锡酸镁：试件 25℃时的密度为 5.18g/cm³，吸水率 0.25%。

16.10　焓、熵和自由能

表 16.10.1　铝酸钠的比焓、比熵和自由能

项　　目	温　　度/K									
	298	300	400	500	600	700	740	740	800	900
比焓/(kJ/mol)	1133.8	1133.6	1125.7	1117.0	1107.8	1098.3	1094.5	1093.2	1087.3	1077.3
比熵/[J/(mol·K)]	70.338	70.795	93.625	113.04	129.74	144.37	149.74	151.50	159.13	170.87
自由能/(kJ/mol)	1154.8	1154.9	1163.1	1173.5	1185.7	1199.4	1205.3	1205.3	1214.6	1231.1
项　　目	温　　度/K									
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
比焓/(kJ/mol)	1067.1	1056.8	1046.2	1035.5	1024.6	1013.6	1002.3	990.96	979.42	967.72
比熵/[J/(mol·K)]	181.59	191.47	200.64	209.22	217.29	224.91	232.15	239.05	245.65	251.97
自由能/(kJ/mol)	1248.7	1267.4	1287.0	1307.5	1328.8	1350.9	1373.8	1397.4	1421.6	1446.5

注：740K 前为固体，其后为液体。

16.11　质 量 指 标

表 16.11.1　工业高锰酸钾的质量指标（GB/T 1608—2008）

项　　目	指　　标	
	优等品	一等品
高锰酸钾($KMnO_4$)(质量分数)/%　≥	99.3	99.1
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%　≤	0.01	0.02
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%　≤	0.05	0.10
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.15	0.20
外观	深紫色，有金属光泽固体(粒状、针状或流沙状)	

用途：在工业上用作消毒剂、漂白剂等，在实验室中用于物质的鉴定，是氧化还原滴定的重要试剂。在医学上用于消毒、洗胃。

表 16.11.2 食用高锰酸钾的质量指标（GB 2513—2004）

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
高锰酸钾($KMnO_4$)(质量分数)/%	99.0～100.5	水不溶物(质量分数)/%　　≤	0.20
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%　≤	0.01	砷(As)(质量分数)/%　　≤	0.0002
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%≤	0.05	外观	深紫色，有金属光泽粉末

用途：可用来浸洗水果、蔬菜，如杨梅、樱桃等。

表 16.11.3 试剂用高锰酸钾的质量指标（GB/T 643—2008）

项　　目	指　　标		
	优级纯	分析纯	化学纯
含量($KMnO_4$)(质量分数)/%　　≥	99.5	99.5	99.0
水不溶物(质量分数)/%　　≤	0.10	0.20	0.30
氯化物(Cl)(质量分数)/%　　≤	0.001	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%　　≤	0.002	0.005	0.02
总氮量(N)(质量分数)/%　　≤	0.002	0.005	0.01
铁(Fe)(质量分数)/%　　≤	0.002	0.002	—
铜(Cu)(质量分数)/%　　≤	0.001	—	—
砷(As)(质量分数)/%　　≤	0.00002	0.00005	—
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　　≤	0.002	0.003	—

用途：氧化剂，消毒剂，有机合成，净水。容量分析氧化还原法测定用试剂。食品级用作漂白剂、消毒剂、脱臭剂、水质净化剂及饮料用二氧化碳的精制剂。

表 16.11.4 试剂用铬酸钾的质量指标（HG/T 3440—1999）

项　　目	指　　标		
	优级纯	分析纯	化学纯
铬酸钾含量(K_2CrO_3)(质量分数)/%　　≥	99.5	99.5	99.0
pH 值(50g/L，25℃)	8.6～9.8	8.6～9.8	8.6～9.8
水不溶物含量(质量分数)/%　　≤	0.002	0.004	0.01
氰化物含量(Cl)(质量分数)/%　　≤	0.001	0.003	0.005
硫酸盐含量(SO_4)(质量分数)/%　　≤	0.01	0.02	0.05
钠含量(Na)(质量分数)/%　　≤	0.05	0.1	—
钙(Ca)(质量分数)/%　　≤	0.001	0.005	0.01
重金属(以 Pb 计)(质量分数)/%　　≤	0.005	—	—

用途；分析试剂，还用作氧化剂，媒染剂，金属防锈剂及用于制药工业。

表 16.11.5 工业重铬酸钾的质量指标（HG/T 2324—2005）

项　　目	指　　标		
	优等品	一等品	合格品
重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$)(质量分数)/%　　≥	99.7	99.5	99.0
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%　　≤	0.02	0.05	0.05
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%　　≤	0.05	005	0.08
钠(Na)(质量分数)/%　　≤	0.5	1.0	1.5
水分(质量分数)/%　　≤	0.03	0.05	0.05
水不溶物(质量分数)/%　　≤	0.02	0.02	0.05
外观	橙红色结晶		

用途：工业上的铬酸盐、重铬酸盐制造、有机合成，电镀、防腐剂、颜料、媒染剂，照

相、印刷、电池、安全火柴、化学研磨剂等。

表 16.11.6　试剂用重铬酸钾的质量指标（GB/T 642—1999）

项　　目		指　　标		
		优级纯	分析纯	化学纯
含量($K_2Cr_2O_7$)(质量分数)/%	≥	99.8	99.8	99.5
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	0.005	0.01
干燥失重(质量分数)/%	≤	0.05	0.05	—
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.02
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.1
钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.002	0.002	0.01
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001	0.002	0.005
铜(Cu)(质量分数)/%	≤	0.001	—	—
铅(Ph)(质量分数)/%	≤	0.005	—	—
外观		橙红色结晶颗粒或粉末		

表 16.11.7　第一基准试剂重铬酸钾（GB 10731—2008）

项　　目		第一基准	项　　目		第一基准
含量($K_2Cr_2O_7$)(质量分数)/%		99.98～100.02	钠(PO_4)(质量分数)/%	≤	0.01
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.001
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.003	外观		橙红色结晶粉末或颗粒

表 16.11.8　工作基准试剂重铬酸钾的质量指标（GB 1259—2007）

项　　目		工作基准	项　　目		工作基准
含量($K_2Cr_2O_7$)(质量分数)/%		99.95～100.05	钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.01
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.001
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.001	铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.003	外观		橙红色结晶颗粒或粉末

表 16.11.9　工业重铬酸钠的质量指标（GB 1611—2003）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
重铬酸钠($Na_2Cr_2O\cdot 2H_2O$)(质量分数)/%	≥	99.5	98.3	98.0
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.20	0.30	0.40
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%	≤	0.07	0.10	0.20
外观		鲜橙红色小颗粒或针状结晶		

注：用户对含铁量有要求时，按标准方法进行测定

用途：供鞣革、电镀、制铬颜料、制火柴，并用作媒染剂、氧化剂等。

表 16.11.10　试剂用重铬酸钠的质量指标（HG/T 3439—2000）

项　　目		指　　标		项　　目		指　　标	
		分析纯	化学纯			分析纯	化学纯
重铬酸钠($Na_2Cr_2O_7\cdot 2H_2O$)(质量分数)/%	≥	99.5	99.0	铝(Al)(质量分数)/%	≤	0.002	0.005
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.003	0.01	钙(Ca)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02
氯化物(Cl)(质量分数)/%	≤	0.005	0.02	铁(Fe)/(质量分数)/%	≤	0.0005	0.001
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	外观		红色或橘红色结晶	

表 16.11.11 试剂用重铬酸铵的质量指标（GB/T 656—2003）

项目	指标		项目	指标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
重铬酸铵[$(NH_4)_2Cr_2O_7$](质量分数)/% ≥	99.0	99.0	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.07	0.16
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.002	0.01
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	外观	橘红色晶体	
钠(Na)(质量分数)/% ≤	0.005	0.05			

表 16.11.12 氟钛酸钾的质量指标（GB/T 22668—2008）

牌号	化学成分(质量分数)/%						
	K_2TiF_6	Si	Fe	Cl	Ca	Pb	H_2O
	≥	≤					
PFT-1	99	0.05	0.02	0.05	0.05	0.01	0.10
PFT-2	97	0.3	0.1	0.1	0.1	0.05	0.30

注：测定值或计算值与表中规定的极限数值作比较的方法按 GB/T 1250 中的第 5.2；

用途：用于聚丙烯合成的催化剂，制造钛酸和金属钛、铝钛硼合金。

表 16.11.13 电子工业用水合锑酸钠的质量指标（HG/T 3254—2010）

项目	指标		项目	指标	
	一等品	合格品		一等品	合格品
总锑(以 Sb_2O_3 计)(质量分数)/% ≥	64.0～65.6		铅(以 PbO 计)(质量分数)/% ≤	0.10	—
氧化钠(以 Na_2O 计)(质量分数)/% ≤	12.0～13.0		钒(以 V_2O_5 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
砷(以 AS_2O_3 计)(质量分数)/% ≤	0.02	0.10	水分(质量分数)/% ≤	0.30	0.30
铁(以 Fe_2O_3 计)(质量分数)/% ≤	0.01	0.05	细度 850μm 试验筛余物(质量分数)/%	协商	协商
铜(以 CuO 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005	细度 150μm 试验筛余物(质量分数)/%		
铬(以 Cr_2O_3 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.005	细度 75μm 试验筛余物(质量分数)/%		
外观	白色粉末	浅灰色粉末			

注：除水分和细度外，均以干基计。

表 16.11.14 电子工业用水合锑酸钠的质量指标（YS/T 22—2010）

项目	指标		项目	指标	
	一级品	二级品		一级品	二级品
Sb_2O_3(质量分数)/%	64.10～65.50	63.50～65.50	As_2O_3(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
Na_2O(质量分数)/%	12.00～13.00	12.00～13.50	PbO(质量分数)/% ≤	0.001	0.005
Sb^{2+}(质量分数)/% ≤	0.10	0.30	Cr_2O_3(质量分数)/% ≤	0.005	0.010
Fe_2O_3(质量分数)/% ≤	0.005	0.05	V_2O_3(质量分数)/% ≤	0.050	0.080
CuO(质量分数)/% ≤	0.005	0.05	物理水分(质量分数)/% ≤	0.30	0.30

表 16.11.15 锡酸钠的质量指标（GB/T 26040—2010）

牌号	化学成分(质量分数)/%							
	Sn	Pb	Sb	As	Fe	I 游离碱(NaOH 计)	硝酸盐(NO_3 计)	碱不溶物
Sn-42	42	0.0020	0.0025	0.0010	0.02	3.5	0.1	0.1
Sn-36.5	36.5	0.0020	0.0020	0.0020	0.02	4.5	0.2	0.2
外观	白色粉末状或白色结晶							

用途：生产钨材料的中间产品，也可用于媒染剂、催化剂颜料和分析试剂，纺织工用作织物加重剂、水处理药剂，制造防火、防水材料，以及磷钨酸盐、硼钨酸盐。

表 16.11.16　工业铬酸酐的质量指标（GB/T 1610—1999）

项　　目		指　　标		
		优等品	一等品	合格品
铬酸酐($CrCO_3$)(质量分数)/%	≥	99.7	99.5	99.0
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.02	0.05	0.10
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.06	0.15	0.30
钠(Na)(质量分数)/%	≤	0.05	—	—
外观		紫红色片状体	紫红色片状体	紫红色片状体

用途：除用于生产铬化合物外，还在化工、印染等行业作氧化剂使用。

表 16.11.17　钼酸铵的质量指标（GB 3460—2007）

项　　目		指　　标			
		MSA-0	MSA-1	MSA-2	MSA-3
钼含量(以 MoO_3 计)(质量分数)/%≥		二钼酸铵、四钼酸铵中钼含量不小于 56%，七钼酸铵中钼含量不小于 54%			
杂质含量(以 MoO_3 计)(质量分数)/%≤	铝(Al)	0.0005	0.0005	0.0006	0.0010
	铋(Bi)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	钙(Ca)	0.0008	0.0008	0.0010	0.0020
	镉(Cd)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	铜(Cu)	0.0003	0.0003	0.0005	0.0006
	铁(Fe)	0.0006	0.0006	0.0008	0.0010
	镁(Mg)	0.0006	0.0006	0.0006	0.0010
	镍(Ni)	0.0003	0.0003	0.0005	0.0008
	钠(Na)	0.0010	0.0010	0.0030	0.0050
	磷(P)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0010
	铅(Pb)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	锡(Sn)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	硅(Si)	0.0005	0.0005	0.0010	0.0020
	锑(Sb)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	锰(Mn)	0.0003	0.0003	0.0006	0.0008
	钾(K)	0.010	0.010	0.040	0.080
	钨(W)	0.015	—	—	—
	砷(As)	0.0005	—	—	—

注：MSA-0、MSA-1 主要用作特殊用途，MSA-2 主要用于加工钼材产品，MSA-3 主要用于炼钢。

用途：主要用于冶炼钼铁和制取三氧化钼、金属钼粉，作为钨钼合金、钼丝的原料；其次是用于作化工的催化剂；少量用作农用钼肥；极少量用于医药方面。

表 16.11.18　试剂用四水合钼酸铵的质量指标（GB/T 657—93）

项　　目	指　标		项　　目	指　标	
	分析纯	化学纯		分析纯	化学纯
$(NH_4)_4MO_7O_{24}\cdot 4H_2O$(质量分数)/% ≥	98.0	98.0	氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003
配制溶液试验(HG 3-1168) ≤	4号	6号	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.02	0.05
澄清度试验	合格	合格	磷酸盐、砷酸盐、硅酸盐(以 SiO_3 计) ≤	0.001	0.003
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.01	0.03	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003

用途：生化研究。测定磷酸盐、砷酸盐、铅、生物碱。钼蓝法测定土壤及植株的含磷量。测定血清中无机磷、碱性磷酸酶活力。测定钢铁中硅、磷成分。用于陶瓷釉彩。

表 16.11.19 仲钨酸铵的质量指标（GB/T 10116—2007）

牌号		APT-0	APT-1	牌号		APT-0	APT-1
WO_3含量(质量分数)/% ≥		88.5	88.5	杂质含量(以WO_3为基准)≤	Mn	0.0005	0.0010
杂质含量(以WO_3为基准)≤	Al	0.0005	0.0010		Mo	0.0020	0.0030
	As	0.0010	0.0010		Na	0.0010	0.0015
	Bi	0.0001	0.0001		Ni	0.0005	0.0005
	Ca	0.0010	0.0010		P	0.0007	0.0010
	Cd	0.0010	0.0010		Pb	0.0001	0.0001
	Co	0.0010	0.0010		S	0.0008	0.0010
	Cr	0.0010	0.0010		Sb	0.0005	0.0010
	Cu	0.0003	0.0005		Si	0.0010	0.0010
	Fe	0.0010	0.0010		Sn	0.0002	0.0003
	K	0.0010	0.0015		Ti	0.0010	0.0010
	Mg	0.0005	0.0007		V	0.0010	0.0010

级别	粗级	中级	细级	超细级
费氏平均粒度/μm	>35	20～35	10～20	<10

用途：主要用于制造三氧化钨或蓝色氧化钨制金属钨粉和仲钨酸铵上游原料。

表 16.11.20 试剂用偏钒酸铵的质量指标（HG/T 3445—2003）

项目	指标 分析纯	指标 化学纯	项目	指标 分析纯	指标 化学纯
NH_4VO_3含量(质量分数)/% ≥	99.0	98.0	硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.01	0.02
澄清度试验(HG/T 3484) ≤	3号	5号	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.005	0.05	外观	白色结晶粉末	

用途：用作试剂、催化剂、催干剂、媒染剂等。

表 16.11.21 电子工业用高纯钛酸钡的质量指标（HG/T 3587—2009）

项目	指标 HBT-01	HBT-02	HBT-03	HBT-04	HBT-05
电镜平均粒径/μm ≤	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
比表面积/(m^2/g)	9.00～12.00	5.00～6.50	3.40～3.70	2.50～2.80	2.00～2.30
粒度分布 D_{50}/μm	0.10～0.20	0.30～0.50	0.55～0.70	0.65～0.80	0.85～1.10
钛酸钡($BaTiO_3$)(质量分数)/% ≤	98.6	99.7	99.7	99.7	99.7
灼烧减量(质量分数)/% ≤	1.50	0.45	0.45	0.45	0.45

项目	指标 HBT-01～05	项目	指标 HBT-01～05
氧化钡与二氧化钛摩尔比(BaO/TiO_3)	1.000±0.005	氧化镁(MgO)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.0050
氧化锶(SrO)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.0200	氧化钙(CaO)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.0050
氧化钠(Na_2O)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.0015	二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/% ≤	0.0060
氧化钾(K_2O)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.0015	水分(质量分数)/% ≤	0.30
氧化铝(Al_2O_3)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.0050	结晶度(c/a) ≥	1.005
氧化铁(Fe_2O_3)(以干基计)(质量分数)/% ≤	0.0030	粒子形貌	球形或近似球形

表 16.11.22 钛酸钡的质量指标

项目	指标 优等品	指标 一等品	指标 合格品
氧化钡与氧化钛摩尔比(BaO/TiO_2)	1000.000±0.003	1000.000±0.005	1000.00±0.01
钛酸钡($BaTiO_3$)(质量分数)/% ≥	99.9	99.5	99.0
氧化锶(SrO)(质量分数)/% ≤	0.10	0.20	0.40
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/% ≤	0.005	0.02	0.10

续表

项　目		指　标		
		优等品	一等品	合格品
氧化钾(K_2O)(质量分数)/%	≤	0.005	0.01	0.015
氧化铝(Al_2O_3)(质量分数)/%	≤	0.005	0.03	0.10
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%	≤	0.005	0.05	0.10
氧化铁(Fe_2O_3)(质量分数)/%	≤	0.003	0.008	0.015
氧化镁(MgO)(质量分数)/%	≤	0.001	0.005	0.010
平均粒径/μm	≤	1.0	1.2	1.45

用途：广泛用于电子工业中，如电子陶瓷、PTC 热敏电阻、电容器等多种电子元器件的配制。

表 16.11.23　镍酸锂的质量指标（GB/T 26031—2010）

项　目		指　标					
		Ni	Co	Li	Li 与 Ni、Co 两种元素合量的摩尔比应为 0.98～1.10		
主含量(质量分数)/%		45.0～55.0	5.0～15.0	7.1±0.2			
杂质含量(质量分数)/%	≤	K	Fe	Na	Ca	Cu	Cr
		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
水分(质量分数)/%	≤	0.05					
外观		黑色粉末，颜色均一，无结块					

表 16.11.24　钴酸锂的质量指标（GB/T 20252—2006）

化学成分	含量(质量分数)/%	化学成分	含量(质量分数)/%
Co	60.0±1.0	Fe	≤0.03
Li	7.0±0.3	Na	≤0.03
Ni	≤0.10	Ca	≤0.03
Mn	≤0.03	Cu	≤0.03
Mg	≤0.03	水分	≤0.05
Al	≤0.03	外观	颜色均一，无结块黑灰色粉末

用途：主要用于制造手机和笔记本电脑及其他便携式电子设备的锂离子电池作正极材料。

表 16.11.25　钼酸铵的质量指标（GB/T 3460—2007）

牌　号			指　标			
			MSA-0	MSA-1	MSA-2	MSA-3
钼　含　量			二钼酸铵中钼含量≥56%(质量分数)MoO_3，七钼酸铵中钼含量≥54%(质量分数)MoO_3			
杂质含量(MoO_3)(质量分数)/%	Al	≤	0.0005	0.0005	0.0006	0.0010
	Bi	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	Ca	≤	0.0008	0.0008	0.0010	0.0020
	Cd	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	Cu	≤	0.0003	0.0003	0.0005	0.0006
	Fe	≤	0.0006	0.0006	0.0008	0.0010
	Mg	≤	0.0006	0.0006	0.0006	0.0010
	Ni	≤	0.0003	0.0003	0.0005	0.0008
	Na	≤	0.0010	0.0010	0.0030	0.0050
	P	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0010
	Pb	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	Sn	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006

续表

牌号			指标			
			MSA-0	MSA-1	MSA-2	MSA-3
杂质含量（MoO_3）（质量分数）/%	Si	≤	0.0005	0.0005	0.0010	0.0020
	Sb	≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
	Mn	≤	0.0003	0.0003	0.0006	0.0008
	K	≤	0.010	0.010	0.040	0.080
	W	≤	0.015	—	—	—
	As	≤	0.0005	—	—	—
松装密度/（g/cm^3）			0.6～1.4			
粒度			≤400μm 筛网，特殊情况供需协商			
外观			白色结晶，无目视可见夹杂物，无明显的潮解、结块现象			

用途：MSA-0、MSA-1 主要用于特殊用途；MSA-2 主要用于生产加工钼材；MSA-3 主要用于炼钢用钼产品。

第 17 章　其他无机物料

目　　录

17.1　物 性 总 览

表 17.1.1　硅化物的一般物性总览

分子式	名　称	相对分子质量	颜色	晶形	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CaSi_2$	二硅化钙	96.25			2500	1020		—	—	//	+	+	
$CeSi_2$	二硅化铈	196.25			5670[17]			—	｜				
CoSi	一硅化钴	87.00	立		6300[20]	1395			｜	+Cl；—N，S			
Co_2Si	硅化二钴	145.94	灰	正	7100[17]	1327			｜	//			
Cr_3Si_2	二硅化三铬	212.17	灰	四棱	5500	1475		—		+Cl；— S			+HF
Cu_4Si	一硅化四铜	282.22	白	固	7530[20]	850			｜	//N；—Cl			
FeSi	硅化铁	83.93	黄灰	八	6100[20]			—		+			—王水
Li_6Si_2	二硅化六锂	97.81	蓝	晶	1120	// 600		//	｜	//			
Mg_2Si	一硅化二镁	76.70	蓝	立	1940	1102		//	｜	// C			
MnSi	一硅化锰	80.99		立	5900[15]	1280		—		÷ ÷			+HF
$MnSi_2$	二硅化锰	111.05	灰	四	5240[15]			—		—	+		+HF
Mn_2Si	一硅化二锰	137.92	灰	棱	6200[15]	1316		—		+Cl	+		
Ni_2Si	硅化二镍	145.44		粉	7200[17]	1309		—	｜	—			÷ ÷(HF+HNO_3)*
PdSi	硅化钯	134.48			7310[15]			—	｜				
RuSi	一硅化钌	129.16	白	粉	5400[4]			—		—			
PtSi	一硅化铂	223.29			1163[20]	1100		—					+王水
V_2Si	一硅化二钒	129.97	银白	棱	5480[17]			—		—		—	—乙醚；+ HF
VSi_2	二硅化钒	107.07	棱		4420	1655		—		—	—	—	—乙醚；+ HF
W_2Si_3	三硅化二钨	452.02	灰		1090			—	｜	—			//Cl_2

表 17.1.2　硅酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ag_2SiF_6\cdot 4H_2O$	氟硅酸银·4水	429.88	白	八	～		<100	$-4H_2O$ >100	++					
Ag_2SiO_3	硅酸银	291.83	黄	团或粒					—		//	+NH_4OH		
$AlO_3\cdot SiO_2$	硅酸铝	162.00	白	正	1.660	3230	1860		—	｜	—			
$Al_2O_3\cdot CaO\cdot 2SiO_2$	铝硅酸钙	278.14		晶	1.583	2765	1551			｜				
$3Al_2O_3\cdot K_2O\cdot 6SiO_2\cdot 2H_2O$	铝硅酸钾(白云石)·2水	796.63		单	1.590	2900	//		—					
$Al_2O_3\cdot K_2O\cdot 6SiO_2$	铝硅酸钾(正长石)	556.68	无	单	1.524	2560	1450		—					
$Al_2O_3\cdot Na_2O\cdot 6SiO_2$	铝硅酸钠	524.44	无	三	1.529	2610	1100		—		//			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度 /(g/dm³)	熔点 /℃	沸点 /℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Al_2O_3 \cdot Na_2O \cdot 2SiO_2$	正硅酸铝钠	284.11	无	六		2619^{20}	1526		—	—				
$Al_2(SiF_6)_3$	氟硅酸铝	480.18	白	粉	1.620	3580			÷	+				
$Al_2(SiO_3)_3$	硅酸铝	282.22	白	团或非、粉					—	—	−Cl,N;÷ S*	//沸	//沸 $NaCO_3$	++氟硅酸
Al_2SiO_5	硅酸铝	162.05	白	正	1.660	3247	∟ 1545	>1545	—	—	−Cl	+熔态		// HF
$Al_2(SiF_6)_3$	氟硅酸铝	480.18	白	粉	1.620	3580			÷	+				
$Al_2(SiO_3)_3$	硅酸铝	282.22	白	团或非、粉					—	—	Cl,N; ÷ S*	//沸	//沸 $NaCO_3$	++氟硅酸
$Al_6Si_2O_{13}$	富铝硅酸铝	426.05	白	正	1.642	3156	1920		—	—	—			−HF
$BaSiF_6$	氟硅酸钡	279.40	白	棱、粉		4279^{15}			表 17.2.7	表 17.2.7	÷Cl、N			÷ NH_4Cl 溶液
$BaSiO_3$	硅酸钡	213.42	白	单、粉	1.674	4400^{4}	1604		—	÷	+Cl			
$BaSiO_3 \cdot 6H_2O$	硅酸钡·6水	321.52		正	1.547	2590			0.17 //	//				
$Be_3Al_2(SiO_3)_2$	硅酸铝铍	537.51	无	六	1.580	2660	1410		—	—				
$Be_2Al_2(SiO_4)_2 \cdot (OH)_2$	硅酸铝铍	290.17	无	单	1.655	3100								
$Bi_2(SiO_3)_2$	硅酸铋	570.13		粒					—		//Cl			
$CaAl_2SiO_8$	灰长石	278.21	白	三	1.583	2765	1551							
$CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$	硅酸镁钙	216.52	白	单	1.672	3280	1390		—	—	—			
$2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$	硅酸铝钙	274.21	无	四	1.658	3048	1590				//			
$CaSiF_6$	氟硅酸钙	182.15	无	四		2662^{15}			÷ //		+Cl		+	+HF
$CaSiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸钙·2水	182.15	白	四、粉		2250			+ //		+Cl		+	+HF; H_2SiF_6
$CaSiO_3$	硅酸钙(α)	116.16	无	单	1.615	2905	1540		9.5mg		+Cl			
$CaSiO_3$	硅酸钙(β)	116.16	无	单	1.629	2915	1190→α							
Ca_2SiO_4	原硅酸钙(Ⅰ)	172.24	无	单	1.717	3270	2130							
Ca_2SiO_4	原硅酸钙(Ⅱ)	172.24	无	正	1.717	3280	1420→(Ⅰ)							
Ca_2SiO_4	原硅酸钙(Ⅲ)	172.24	无	单	1.642	2970	675→(Ⅱ)							
$CdSiF_6$	氟硅酸镉	254.48		长棱	~				++					
$CdSiO_3$	偏硅酸镉	188.47		正		4930^{20}	1242							
$CdSiO_3 \cdot 1\frac{1}{2}H_2O$	硅酸镉·$1\frac{1}{2}$水	215.52		极小针状物					—		//			
$xCoO \cdot yK_2O \cdot zSiO_2$	硅酸钴钾								—					
$CoSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸钴·6水	309.10	红	菱		2113^{19}			118.1^{22}	+				
Co_2SiO_4	原硅酸钴	209.95	紫红	胶状沉淀		4630			—		与热盐酸作用分出胶状硅酸			
$Cr_2(SiF_6)_3$	原硅酸铬	530.22							+					
Cs_2SiF_6	氟硅酸铯	407.88		立		3376^{18}			60^{17}	<60			—	
$Cs_8SiW_{12}O_{42}$	钨硅酸铯	3970.38	白	晶					0.005^{20}	0.52	− Cl		—	÷氨水
$CuSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸铜·6水	313.72	蓝	单正	~	2207	$-2H_2O$ 60	//140	233.6^{17}				0.16^{2}Δ	(Δ−92%)
$CuSiO_3$	硅酸铜	139.64	绿蓝	淀					—		//			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
									每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
$FeSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸亚铁·6水	306.02	蓝绿	晶					++					
$Fe(SiF_6)_3$	氟硅酸铁	482.07							+					
$FeSiO_3$	硅酸亚铁	131.94	灰绿	单、正	1.697	3500	1550							
Fe_2SiO_4	原硅酸亚铁	203.78	红棕	正、粉		4340	1500		—			与盐酸煮沸分出胶状硅酸		
$Fe_2(SiO_3)_3$	硅酸铁	339.96										与盐酸煮沸分出胶状硅酸		
$BaZrSiO_5$	硅酸锆钡	336.63	白				1538		—			—		+HF
$H_6Cr_2(SiO_4)_3 \cdot H_4SiO_4$	硅酸铬	482.42	灰绿											
$HgSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸汞·6水	450.76	无	六	～				++	遇硫酸风化				
$Hg_2SiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸亚汞·2水	579.31		棱					÷		—Cl			
$Hg_2SiF_6 \cdot HgO_3 \cdot 3H_2O$	氧化汞合氟硅酸汞·3水	613.33	黄	针					//		+			
Hg_2SiO_3	硅酸亚汞	477.27	白	粉					—					
K_2SiF_6	氟硅酸钾	220.27	白	棱		2600	暗红热时	//	0.12^{18}	0.95	+Cl		÷÷	—氨水
$K_4SiO_3 \cdot nH_2O$	偏硅酸钾	—	微黄	半透明	～		976		—				—	
$K_2Si_4O_2 \cdot H_2O$	四硅酸钾·1水	240.52		正	1.530	2417	//400		+			—		
$K_2Si_4O_9 \cdot H_2O$	四硅酸钾·1水	352.56	无	正	1.530	2417	//400		+				//	
K_4SiO_4	硅酸钾	248.48	无	稠	1.521	>1362			++		++		—	
Li_2SiF_6	氟硅酸锂	155.95	无	单	～		红热时	//	+					
$Li_2SiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸锂·2水	191.97		单		2300^{12}	$-2H_2O$100	//	52.6^{17}				+	—乙醚；丙酮
Li_2SiO_3	硅酸锂	89.97	无	正	1.548	2520^{25}	1201		+	+//	+Cl			
Li_4SiO_4	原硅酸锂	119.82	无	正	1.600	2280	1256		—		//			
$MgSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸锰·6水	274.48	无	三	1.344	1788^{18}			64.8^{18}	+	//HF			
$MgSiO_3$	硅酸镁	100.39	白	单、粉	1.651	3192	//1557		—	+				
Mg_2SiO_4	硅酸镁	140.70	白	正	1.66	3210	1910		—		//Cl*			
$Mg_3Si_4O_{11} \cdot H_2O$	四硅酸镁·1水	379.22	白	单、正	1.589	2700			—	—				
$MnSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸锰·6水	305.10	玫瑰	正	1.357	1904^{18}	//		140^{18}	+++			+	
$MnSiO_3$	硅酸锰	131.02	玫瑰	三	1.735	3720^{25}	1323		—	—Cl				
Mn_2SiO_4	原硅酸锰	201.97	红灰	斜或黄、粉					—			在盐酸中煮沸分出胶硅酸		
Na_2SiF_6	氟硅酸钠	188.05	白	六	1.312	2679	//		0.43	2.45			—	
Na_2SiO_3	硅酸钠	122.07	白	斜	1.520	2400	1018		表17.4.2	—	—乙醇	—钠盐，钾盐溶液		
$Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$	硅酸钠·5水	212.14	白	三	1.456	1749	72.2	$-5H_2O$ 100	++		—	NaOH(1/2N)29^{18}	—	+稀NaOH
$Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	硅酸钠·9水	284.21	无	正	易风化		47	$-6H_2O$100	++	++				
$Na_2Si_4O_9$	四硅酸钠	302.23	无						+			—		—钾钠盐溶液
Na_4SiO_4	原硅酸钠	184.05	无	六	1.530		1018		+	+			+	—丙酮
$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_4$	偏硅酸铝钠	404.28	无	斜		3300	1000		—	—	//Cl*			

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$(NH_4)_2 \cdot SiF_6$	氟硅酸铵	178.15	白	立	1.370	2010		⊗↑	18.6^{18}	55.5				—丙酮
$NiSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸镍·6水	308.87	绿	斜(或六)	1.391	2134	//	//	+++					
Ni_2SiO_4	原硅酸镍	209.47	蓝	胶状沉淀					—	//				
$PbSiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸铅·2水	385.31		单斜或透明胶质物	~				++					
$PbSiF_6 \cdot 4H_2O$	氟硅酸铅·4水	421.34		单			<100	$-4H_2O>100$	+					
$PbSiO_3$	硅酸铅	283.28	白	单	1.961	6490	766		—		//			
$Pb_2Si_2O_7$	硅铅矿	582.55	白	三	2.060	6707			—					
Rb_2SiF_6	氟硅酸铷	313.02		立		3332			0.16^{20}	1.35^{100}	+		—	
$SnSiF_6$	氟硅酸锡	260.76							+++					
$SrSiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸锶·2水	265.73	白	粉		2900			//		//	+	+	+稀氟硅酸
$SrSiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸锶·2水	265.72		单		2990	//		3.2^{15}	+			0.0615 ∇	(∇—50%)
$SrSiO_3$	硅酸锶	163.71	白	非、粉	1.599	3650^{25}	1580		÷÷	÷÷	+			
$Tl_2SiF_6 \cdot 2H_2O$	氟硅酸铊·2水	586.87		立					+++			// NH_4OH		
$Zn_2SiO_4 \cdot 3H_2O$	原硅酸锌·3水	276.89	白	非或斜					—	//	+		+乙酸	
$ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸锌·6水	315.55	白	六、片					++					
$ZnSiF_6 \cdot 6H_2O$	氟硅酸锌·6水	315.54	无	六		2104^{20}	//		50^{0}	72^{100}				
$ZnSiO_3$	硅酸锌	141.47	玻	六、正	1.650	3520	1437		—					
$ZnSiO_4$	正硅酸锌	222.82	白	三		4100	1509		—		+醋			
$ZrSiO_4$	原硅酸锆	183.30		四		4560	2550					—		—王水

注：冷水、热水、酸、碱、乙醇、其他溶剂各列同属“每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况”。

表 17.1.3 硼化物的物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
AlB_2	硼化铝	48.60	红棕	六		3190								
BaB_6	六硼化钡	202.28	黑	立		4360^{15}			—	—	+N			
CaB_6	六硼化钙	105.00	黑	立		2330^{15}	2235		—	—	+N			
CeB_6	六硼化铈	204.98	蓝	六			2190		不溶解					不溶解盐酸
CoB	一硼化钴	69.76		棱		7250^{18}			//		+N			
CrB	一硼化铬	62.81	银白	斜		5400^{17}	2100		—	—				$+Na_2O_2^*$，// F_2
Cu_3B_2	二硼化三铜	212.26	黄			8116								
FeB	一硼化铁	66.67	黄灰			7150^{18}			—		+N,S*			
KBH_4	硼氢化钾	53.94	白	粉或晶	1.490	1175	真空中500℃分解		//		//	+液氨	÷	—苯、醚类

注：冷水、热水、酸、碱、乙醇、其他溶剂各列同属“每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况”。

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
LaB_6	硼化镧	203.772	紫	晶		4760	2715							
$LiBH_4$	硼氢化锂	27.1	白至灰白	粉	～	660	275//		①					＋乙醚、四氢呋喃、脂肪胺类
MnB_2	二硼化锰	76.57	灰紫			6900			//		＋			
Mo_2B	硼化钼		黄灰	四		9260	2280							
$NaBH_4$	硼氢化钠	37.83	白	立	1.542	1074	400 //		55^{25}		－乙醚	－苯，烃	4	＋甲醇(6.4)，液氨，胺类
NH_4BF_4	硼氟化铵	104.86	白	正		1851^{17}	↑		25^{16}	97	//S′	$+NH_4OH$		
NiB	一硼化镍	69.51		棱		7390^{18}			//		＋N			＋王水
SiB_3	三硼化硅	60.52	黑	正		2520	2200		－		÷N；//S	//KOH		
SiB_6	六硼化硅	92.98	黑	晶		2470			－		＋N；//S	－KOH		
SrB_6	硼化锶	152.55	黑	晶		3300			－	－	＋N			
ThB_4	四硼化钍	275.40	黄	晶		7500^{15}			－	－	＋Cl，N，S*			
ThB_6	六硼化钍	297.04	紫	无		6400^{15}			－	－	－Cl，S；＋N	－		－HF
WB_2	二硼化钨	205.56	黑	晶		10800			－	－				＋王水
ZrB_2	硼化锆	112.84				6085	3265							

①在 pH＞7 时，能溶于水，且水溶液缓慢分解，在 pH＜7 时，则迅速反应。

表 17.1.4　硼酸盐的物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$AgBO_2 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	偏硼酸银·$\frac{1}{2}$水	159.69	黄白	粉					÷	//	＋＋N			
$Ba(BO_2)_2 \cdot 10H_2O$	偏硼酸钡·10水	403.11	白	团	1.575	3300	1060		÷	＋				－甲醇
BaB_4O_7	四硼酸钡	292.57							－		÷N*	＋＋硝酸铵	＋＋稀无机酸	
$Ca(BO_2)_2 \cdot 2H_2O$	偏硼酸钙·2水	161.73	白	立、粉			//		0.31^{30}	0.40^{90}	＋		－乙酸	＋氯化钙铵盐溶液
CaB_4O_7	四硼酸钙	195.32					986		//					
$Ca(BO_2)_2$	偏硼酸钙	125.70	无	正	1660		1154		÷		＋			
$Cd_2B_2W_9O_{32} \cdot 18H_2O$	九钨二硼酸镉·18水	2738.03	黄	晶					1250^{17}					
$Cr(BO_2)_2$	偏硼酸亚铬	137.62		粉					－		＋			
$Fe(BO_2)_2$	偏硼酸亚铁	141.47		粉					－		＋			
KBF_4	氟硼酸钾	125.92	无	立、正	1.325	2500^{20}	529.5	//	0.44^{20}	6.27		＋	÷热	
KBO_2	偏硼酸钾	81.91		单	强碱性									
$K_2B_2O_4$	偏硼酸钾	163.83		单			947		14.7	＋＋				
$K_2B_4O_7$	四硼酸二钾	233.44				1740			＋					
$K_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$	四硼酸钾	305.50	白	晶		1740	850		＋				÷	

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm^3)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$K_2B_4O_7\cdot5H_2O$	四硼酸二钾·5水	323.52	白	六、粉	碱味		//		40^{35}	+++				
$K_2B_4O_7\cdot8H_2O$	四硼酸二钾·8水	377.57	无	单			//		26.7^{30}					
$LiBO_2$	偏硼酸锂	49.76		三			843		0.9	16^{45}				
$Li_2B_4O_7$	四硼酸二镁	169.12			～				++					
$Li_2B_4O_7\cdot5H_2O$	四硼酸二锂·5水	259.20	白	粉			$-2H_2O$ 200		++				−甲,乙	
$Mg(BO_2)_2\cdot8H_2O$	偏硼酸镁·8水	254.05	无	针		2300			−	−	++Cl; //Cl′			
MnB_4O_7	四硼酸锰	210.18	白	粉	～	2500			÷		+		−	÷油
$NaBF_4$	氟硼酸钠	109.82	白	正		2470^{20}	384 //	//	108^{26}	210	//S		÷	
$NaBO_2$	偏硼酸钠	65.80	无	三		2400	966	1434	表17.4.2			÷NaOH	−	−乙醚
$NaBO_2\cdot4H_2O$	偏硼酸钠·4水	137.86		单斜棱	碱性稍风化		57		+					
$NaBO_3\cdot4H_2O$	过硼酸钠·4水	153.88	白	单或粉			//63	>130	3.9^{15}	5.7^{32}	+	+		+甘油
$NaBO_3\cdot H_2O$	高硼酸钠·1水	99.82	白	粉			//40		÷	//		+		+甘油
$NaBO_3\cdot4H_2O$	四硼酸钠·4水	153.86	白	单			63	$-H_2O$ 130	2.55^{15}	3.75^{32}	+		+	+甘油
$Na_2B_2O_4$	偏硼酸钠	131.63		六、棱		2464	966	1434	26^{20}	36^{35}				
$Na_2B_2O_4\cdot4H_2O$	偏硼酸钠·4水	203.70		单			57	$-H_2O$ 120	+	+++				
$Na_2B_4O_7$	四硼酸钠	201.22	白	粉	碱性	2367	741	1575 //	表17.4.2					
$Na_2B_4O_7\cdot5H_2O$	四硼酸钠·5水	291.30	无	正	≈1.461	1815	$-H_2O$ 120		表17.4.2					
$Na_2B_4O_7\cdot10H_2O$	四硼酸钠·10水	381.38	无	单	味咸 1.469	1730	75	$-10H_2O$ 200	表17.4.2		−	÷CCl_4	−甲,乙	++甘油
$Na_2B_8O_{13}\cdot4H_2O$	八硼酸钠·4水				含硼21.3% 速溶				++		其他性质同其他硼酸盐			
$NH_4B_5O_8\cdot4H_2O$	五硼酸铵·4水	272.18	无	斜			//90		10				−	
$2NH_4H(BO_2)_2\cdot3H_2O$	酸式偏硼酸铵·3水	263.39	半透明	斜	碱性、风化				+	+				
$(NH_4)_2B_4O_7\cdot4H_2O$	四硼酸二铵·4水	263.38		四	强氨味			//	+	+				
$NH_4HB_4O_7\cdot3H_2O$	硼酸铵	228.38	无	晶		2380-950			+				−	
NH_4BF_4	氟硼酸铵	104.86	白	正		1851^{17}	↑		25^{16}	97	//S′	+NH_4OH		
$NH_4HB_4O_7\cdot3H_2O$	四硼酸氢铵·3水	228.37	无	晶		2600	//		10	+				
$Ni(BO_2)_2\cdot2H_2O$	硼酸镍·2水	180.35		粉					−	−	+			
$Pb(BO_2)_2\cdot H_2O$	偏硼酸铅·1水	310.84	白	晶、粉	毒	5598		$-H_2O$ 160	÷	−	++N; //S,Cl	//沸	−	++沸乙酸, −NaOH
$Sr(BO_2)_2$	偏硼酸锶	173.24		晶			1100							
SrB_4O_7	四硼酸锶	244.86	白	晶			930		÷		+N、Cl			++铵盐溶液
$SrB_4O_7\cdot4H_2O$	四硼酸锶·4水	314.97								77	+N			+铵盐溶液

表 17.1.5 砷化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况			
						/℃		冷水	热水	酸	其他溶剂
AsOCl	氯氧化砷	126.37	棕					//			
As_2O_3	砷华	197.89	无、白	剧毒	3900			｜			
As_2S_2	砷红	213.97	棕红	无	3550	307	565	—		+	+碱
Ba_3As_2	砷化钡	561.90	棕		4100^{15}			｜		//Cl_2、F_2、Br_2	
Ca_3As_2	砷化钙	270.06	红	晶	3031^{25}	//		//		+	
$CdAs_2$	二砷化镉	487.05	深灰	立	6211^{15}	721		—		+Cl、N	
CrAs	一砷化铬	126.92	灰	六	6350^{16}			— ｜	—	—	
Cu_3As	一砷化三铜	265.53	蓝	六	8000^{20}	830		— ｜	—	+	+氨水
Cu_5As_2	二砷化五铜	467.52	蓝	八	7560	//		— ｜	—	+	+NH_4OH
FeAs	一砷化铁	130.76	银灰		7830	1020		｜			
$FeAs_2$	二砷化铁	205.67	银白	立	7380	990		— ｜		—Cl;÷N	
GaAs	砷化镓	144.64	暗绿	立	5307	1238					
InAs	砷化铟	189.71		斜	5670^{27}	$943^{0.001}$					
MnAs	砷化锰	129.86	黑	六	6170～200			—		+Cl	
Mn_2As	砷化锰	184.80				1400				—	
Mn_3As_2	二砷化三锰	314.66						—			
NiAs	一砷化镍	133.60		六	7570^{0}			—			+王水
Ni_3As_2	二砷化三镍	325.89		四	7860			｜			
WAs_2	二砷化钨	333.74	黑	晶	6900^{18}			—		//S*、N*	
ZnAs	砷化锌	345.95	灰	金	5530	1015		—		//	
Zn_3As_2	二砷化三锌	345.96		立		1015		— ｜			

表 17.1.6 砷酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每 100g 溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_3AsO_3	亚砷酸银	446.52	黄	粉					0.00115[20]		+N	+NH_4OH	+乙酸	+铵盐溶液
Ag_3AsO_4	砷酸银	462.52		黑色结晶或暗红色沉淀		6657	//		0.00085[20]		//Cl;+N	+NH_4OH	+乙酸	+碳酸铵
$AlAsO_4$	砷酸铝	165.90	白	粉、晶	1.596	3250			—		÷			
$Ba(AsO_2)_2$	亚砷酸钡	351.17	白	粉					+(干燥粒状物不溶)		+Cl、N		+乙酸	÷砷酸
$BaHAsO_4 \cdot H_2O$	砷酸氢钡·1水	295.29		正或单		3930[15]	$-H_2O$150	$-1.5H_2O$225						// 砷酸(氢)钡
$BaHAsO_4 \cdot \frac{3}{2}H_2O$	酸式砷酸钡·$\frac{3}{2}$水	304.28		晶					//	÷	÷冷			
$Ba_3(AsO_4)_2$	砷酸钡	689.83	白	粉		5100	1605		0.055		+		+乙酸	+NH_4Cl 溶液
$BiAsO_4$	砷酸铋	347.91		单		7142[15]			÷		÷			
$BiAsO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	砷酸铋·$\frac{1}{2}$水	356.91	白	粉			难熔		—		+Cl;—N			
$Ca(AsO_2)_2$	亚砷酸钙	253.92	灰白	粉					÷÷		+Cl、N			+乙酸
$Ca_2CaO \cdot As_2O_5 \cdot 3H_2O$	砷酸氢钙·3水	396.04	无	正	1.602	2967								
$Ca_3(AsO_4)_2$	砷酸钙	398.08	白	粉		3620	1455		0.013[25]	—	+			
$Ca_3(AsO_3)_2$	亚砷酸钙	366.10	白	粉	剧毒品				÷		+			
$Ca_3(AsO_4)_2 \cdot 3H_2O$	砷酸钙·3水	452.13	白	粉					—		+Cl、N			+砷酸,稀乙酸
$Ca_3(AsO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$	碱式砷酸钙	472.17	无	粉		2850	$-H_2O$ 200		÷		+Cl			
$CaHAsO_3$	亚砷酸氢钙	161.91	白色	粒状粉					—					
$CaHAsO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	酸式砷酸钙·$\frac{1}{2}$水	189.02		晶					—					
$CaNH_4AsO_4 \cdot 6H_2O$	砷酸钙铵·6水	305.13		单、片		1905[15]	//		0.02	+		—NH_4OH		+NH_4Cl
$CdHAsO_4 \cdot H_2O$	砷酸氢镉·1水	270.34				4164[15]	>120							
$Co(AsO_3)_2 \cdot 8H_2O$	砷酸钴·8水	448.90	紫	单、粉		2900			—		+Cl、N	+NH_4OH		+砷酸
$Co(H_2AsO_4)_2$	酸式砷酸钴	338.79	红	晶、团					—					
$Co_3(AsO_3)_2$	亚砷酸钴	422.63	玫瑰红	粉					—		+			
$Co_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$	亚砷酸钴·8水	598.77	红	单	1.661	3178[15]	//		—	—	+	+NH_4OH		
$Co_3H_6(AsO_3)_4$	酸式亚砷酸钴	674.52	玫瑰红	粉					—		+Cl、N	+NH_4OH		
$Co_3H_6(AsO_3)_4 \cdot H_2O$	酸式亚砷酸钴·1水	692.55	浅红				$-H_2O$100		—		+			
$CrAsO_3$	亚砷酸铬	174.92	暗绿	粉					—	//				
$CrAsO_4$	砷酸铬	190.92	绿	非、粉					—					
$Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3Cu(AsO_2)_2$	乙酰亚砷酸铜	1013.77	鲜绿	粉					—					

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$CuHAsO_3$	酸式亚砷酸铜	187.48	浅绿	粉			//		−	−	+N	+	−	+NH_4OH
$Cu_3(AsO_3)_2$	亚砷酸铜	436.49	绿黄	粉					÷			+		
$Cu_3(AsO_4)_2 \cdot 4H_2O$	砷酸铜·4水	540.55	蓝绿	非、粉					−	−	+	+NH_4OH		
$Cu_3(AsO_4)_2 \cdot 5H_2O$	砷酸铜·5水	556.55	绿	针							++Cl			
$Cu_5H_2(AsO_4) \cdot 2H_2O$	砷酸二氢铜·2水	911.39	蓝						−		+	+NH_4OH		
$Fe(AsO_4)_2 \cdot 6H_2O$	砷酸亚铁·6水	553.47	绿	无			//		−	−	+Cl	÷NH_4OH		
$Fe(H_2AsO_4)_3$	酸式砷酸铁	377.72	白	淀					−		−			
$FeAs_2O_5$	焦亚砷酸亚铁	341.52	浅绿						−			+NH_4OH		
$2FeAsO_3 \cdot Fe_2O_3 \cdot 5H_2O$	碱式亚砷酸铁·5水	607.30	黄棕				//		÷		+	+		
$FeAsO_4 \cdot 2H_2O$	砷酸铁·2水	230.79	白	正		3180	//		−	−	+Cl;−N			
$FeAsO_4 \cdot 4H_2O$	砷酸铁·4水	266.83	黄白	粉					−		+Cl、N			−乙酸;+亚硫酸
$4Fe_2O_3 \cdot As_2O_3 \cdot 5H_2O$	亚砷酸铁·5水	926.72	黄	粉					−		+			+乙酸
$Fe_3(AsO_3)_2$	亚砷酸亚铁	413.39	绿白	粉					−		+	+NH_4OH		−铵盐溶液
$Fe_3(AsO_3)_2 \cdot 6H_2O$	砷酸亚铁·6水	521.49	白	粉					−		+			−铵盐溶液
Hg_2HAsO_4	砷酸氢二亚汞	541.14	黄红				//		−		+N	−NH_4OH		−乙酸
Hg_3AsO_3	亚砷酸亚汞	724.69	白、灰黄	粉	不稳定						+N			
Hg_3AsO_4	砷酸亚汞	740.69	黄白	正	沉淀		//		−		//Cl;+N			−乙酸
$Hg_3(AsO_3)_2$	亚砷酸汞	847.61	白	粉							+N			+亚砷酸钾溶液
$Hg_3(AsO_4)_2$	砷酸汞	879.61	黄	单、粉			//			÷	++Cl;÷N			÷砷酸
$KAsO_2$	偏砷酸钾	146.01	白	粉	毒				+				÷	
$KAsO_2 \cdot H_3AsO_3$	酸式亚砷酸钾	271.96	白	粉					+				−甲、乙	
$KH(AsO_2)_2 \cdot H_2O$	偏砷酸氢钾·1水	271.94	白	粉					+				÷	
KH_2AsO_4	砷酸二氢钾	180.04	无	四	1.567	2867[25]	288		18.9	+++			−	
K_2HAsO_4	酸式砷酸钾	218.13	白	粉					+					
$K_2HAsO_4 \cdot H_2O$	砷酸氢二钾·1水	236.13		晶			−H_2O110		+					
K_3AsO_4	砷酸钾	256.22	无	晶	~				18.8	+++			4	
K_3AsS_3	硫代亚砷酸钾	288.40												
K_3AsS_4	硫代砷酸钾	320.46		晶	~		//		+++				−	
Li_3AsO_4	砷酸锂	159.73	白	正		3070			+	+				

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每 100g 溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Li_3AsO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	砷酸锂 · $\frac{1}{2}$水	168.75	白	粉					—		+			+乙酸
$LiH_2AsO_4 \cdot 3H_2O$	砷酸二氢锂 · 3 水	201.93		斜					+					
$MgHAsO_4 \cdot 7H_2O$	砷酸氢镁 · 7 水	290.35		单		3155^{15}	$-5H_2O$100		//					
$Mg_3(AsO_3)_2$	亚砷酸镁	318.78					//		+	+++	+	$-NH_4OH$		$+NH_4Cl$ 溶液
$Mg_3(AsO_4)_2$	砷酸镁	350.74	白	粉					—					
$MgHAsO_3$	酸式亚砷酸镁	148.23	白	粉					—					
$MgHAsO_4 \cdot 5H_2O$	酸式砷酸镁 · 5 水	254.31	无	晶					—					
$Mn_3(AsO_3)_2 \cdot H_2O$	砷酸锰 · 1 水	428.68	棕	针					—		÷			
$Mn_3H_6(AsO_3)_4 \cdot 2H_2O$	酸式亚砷酸锰 · 2 水	698.57	淡玫瑰红	粉					—		+			
$MnHAsO_4$	酸式砷酸锰	194.87	红白	粉	~				÷		+			
$MnHAsO_4 \cdot H_2O$	砷酸氢锰 · 1 水	212.86					$-H_2O$140		0.013	//			+	
$MnNH_4AsO_4 \cdot 6H_2O$	砷酸镁铵 · 6 水	289.37	白	正、四		1932^{15}	//		0.0339	0.0237^{80}	+		—	
$MnNH_4AsO_4 \cdot 6H_2O$	砷酸锰铵 · 6 水	319.98	红	粉			//		—		+		—	
$NaAsO_2$	亚砷酸钠	129.92	灰白	粉	吸收 CO_2	3450			+	÷			÷	+乙二醇 28,丙二醇 20
$NaH_2AsO_4 \cdot H_2O$	砷酸二氢钠 · 1 水	181.94	白	正	1.554	2535	//100		++					
Na_2HAsO_3	亚砷酸氢二钠	169.91	无			1870			++					
$Na_2HAsO_4 \cdot 12H_2O$	砷酸氢二钠 · 12 水	402.10		单	1.450	1720	28	$-12H_2O$ 100	表 17.4.1				÷	
$Na_2HAsO_4 \cdot 7H_2O$	砷酸氢二钠 · 7 水	312.02	无	单	1.466	1880	125	$-7H_2O$ 100	+				÷	
$Na_3AsO_4 \cdot 12H_2O$	砷酸钠 · 12 水	424.08	无	三、六	1.459	1759	86.3		26.7^{17}	23^{30}		—乙醚	1.67	+甘油 50^{18}
$2Na_3AsS_4 \cdot 15H_2O$	两个四硫代砷酸钠 · 15 水	814.57	黄	无			//		+++				—	
$Na_3AsS_4 \cdot 8H_2O$	四硫代砷酸钠 · 8 水	416.29		单	1.6802		//		+					
NH_4AsO_2	亚砷酸铵	124.96	白	棱或粉					++			+		—丙酮
$NH_4H_2AsO_4$	砷酸二氢铵	158.98	无	四	1.577	2311^{9}	300//		+	++				
NH_4MgAsO_4	砷酸铵镁	181.26	白	粉					—					
$NH_4MgAsO_4 \cdot 6H_2O$	砷酸铵镁 · 6 水	289.36		晶					0.038^{20}	0.024^{80}	÷			
$(NH_4)_2HAsO_4$	砷酸氢二铵	176.00	白	单、棱	毒	1989	风化 $-2NH_4$		33.7	122.4^{90}			—	—丙酮、吡啶

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$(NH_4)_3AsO_4\cdot 3H_2O$	砷酸铵·3水	247.09	白	正			//		÷	//				
$Ni_3(AsO_4)_2$	砷酸镍	453.89	黄	无		4982			—		+			
$Ni_3(AsO_4)_2\cdot 2H_2O$	砷酸镍·2水	489.97	绿	粉或片					—		÷			
$3NiO\cdot 2As_2O_3\cdot 4H_2O$	亚砷酸镍·4水	691.84	苹果绿	粉					—		+	$+NH_4OH$		
$Pb(AsO_3)_2$	偏砷酸铅	453.04		六		6420^{15}			//		+N			
$Pb(H_2AsO_4)_2$	砷酸二氢铅	489.06		三	1.82	4460^{15}	// 140		//		+N			
$Pb_2As_2O_7$	焦砷酸铅	676.24		正	2.030	6850	802		—	//	+Cl、N			—乙酸
$Pb_3(AsO_3)_2$	砷酸铅	867.44	白	淀		7800			÷		++N	$-NH_4OH$		++乙酸
$Pb_3(AsO_4)_2$	砷酸铅	899.44	白	粉		7300	1042		—		+	$-NH_4OH$		—铵盐溶液
$PbH_4(AsO_4)_2$	砷酸氢铅	489.08		三	1.820	4460	// 140		//		+N			
$PbHAsO_4$	砷酸一氢铅	347.13	白	单	1.910	5940	// > 200	$-H_2O$280	—	÷	+N	$+NH_4OH$		
$SbAsO_3$	亚砷酸亚锑	244.67	白	淀或粉					+少量水中		+	+++		
$SbAsO_4$	砷酸亚锑	260.67	白	粉					—		(新)+Cl*; ÷N			烧灼物 不溶于酸
$Sn_3(AsO_4)_4\cdot 6H_2O$	砷酸锡·6水	1019.85							—		—NS;+Cl′			+王水
$SnHAsO_4\cdot \frac{1}{2}H_2O$	酸式砷酸亚锡·$\frac{1}{2}$水	267.63	白	淀	凝结		受热分解		—					
$Sr(AsO_2)_2\cdot 4H_2O$	亚砷酸锶·4水	580.76	白	晶、粉					+		溶		÷÷	÷砷酸
$Sr_3(AsO_4)_2$	砷酸锶	540.70							—		++			
$SrHAsO_4\cdot \frac{3}{2}H_2O$	酸式砷酸锶·$\frac{3}{2}$水	254.57							—	//				
$SrHAsO_4\cdot H_2O$	砷酸氢锶·1水	245.56		正、针		3606^{15}	$-H_2O$ 125		0.284^{25}		+			
$ZnHAsO_4\cdot H_2O$	酸式砷酸锌·1水	223.33	白	粉					—		+			
$Zn_3(AsO_4)_2\cdot 3H_2O$	砷酸锌·3水	528.03		淀	胶状				—		+N			+砷酸
$Zn_3(AsO_4)_2\cdot 8H_2O$	砷酸锌·8水	618.09	无	单	1.683	3309^{15}	$-2H_2O$100		—		+N、P	+		$+H_3AsO_4$
$BaHAsO_4\cdot H_2O$	砷酸一氢钡	295.27	无	斜		1930^{15}			÷	//	+Cl			
$MnHAsO_4$	砷酸亚锰		粉红	粉	潮解				÷		+			
$(NH_4)_2HAsO_4$	砷酸氢二胺	176	无	单		1989			—	//		分散	—	
KH_2AsO_3	砷酸钾	180.05	无	晶		2867	288			++			—	
$(NH_3OH)AsO_4$	砷酸羟铵	240.92	无	晶					÷					
$Mg_3(AsO_4)_2\cdot 8H_2O$	砷酸镁·8水	494.88	白	单		2600			—		+			$+NH_4Cl$
$Mg_3(AsO_4)_2\cdot 22H_2O$	砷酸镁·22水	747.09	白	晶		1790			—		+			$+NH_4Cl$
$Zn_3H(AsO_3)_2$	亚砷酸锌	442.99	白	晶、粉					—		+			

表 17.1.7 硒化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2Se	硒化银	294.70	灰	立		8000	860	//	−		+N*			
As_2Se_3	三硒化二砷	386.72	深棕	单		4750	360	707	−	//		+		+Na_2CO_3溶液
BaSe	硒化钡	216.29	白	立	赤热则爆炸	5020			//	//	//Cl			
Bi_2Se_3	三硒化二铋	654.84	黑	正		6820	710	//	−			−		
CdSe	硒化镉	191.37	灰棕或红	六		5810^{15}	>1350				//			
CoSe	一硒化钴	137.90	黄	晶		7650								
CuSe	硒化铜	142.51	黑	四(<110℃) 立(>110℃)		6000	550							×硝酸、王水等
$CuSe \cdot 2H_2O$	硒化铜·2水	178.53		剧毒	不燃	3310								
Cu_2Se	硒化亚铜	206.05	黑	立		6749^{30}	1113				//Cl、S	+KCN		
HgSe	硒化汞	279.55	灰黑	立	有毒	8266	↑		−		−Cl			+ 王水、硒氢酸铵
$IrSe_2$	二硒化铱	350.04	深灰	晶、粉			//>600(CO_2)				−			÷王水
Ir_2Se_3	三硒化二铱	621.32	黑	无、粉							−N			÷÷王水
K_2Se	硒化钾	157.16	白	立		2851			+					
MnSe	一硒化锰	133.89	灰	立		5590^{15}			−	//	//			
Na_2Se	硒化钠	124.95		晶	~	2625^{10}	> 875		//					−液氨
$MoSe_2$	硒化钼(Ⅳ)	253.86				6000	>1200							
NiSe	硒化镍	137.65	银白至白	立		8460			−		−Cl；+N			+王水
PbSe	硒化铅	286.16	灰	立		8100^{15}	1065		−	−	+N、Cl′*			
PdSe	一硒化钯	185.36	暗灰				<960		−					+王水
P_2Se	一硒化二磷	140.91	红						//				−	−乙醚；+++CS_2
P_2Se_3	三硒化二磷	298.84	深红				//			//		+		−CS_2
P_2Se_5	五硒化二磷	456.76	红	针			//		//			+CCl_4		−CS_2
P_4Se	一硒化四磷	202.88	黄	液			−12	↑	//		−			+CS_2；−乙醚
$PtSe_2$	二硒化铂	353.01	灰褐	无或晶		7650	干燥时//				÷S、N*	+硫化碱		+王水、HBr
$PtSe_3$	三硒化铂	431.97	黑	棉絮状		7150								
$RuSe_2$	二硒化钌	259.00	灰黑	立							−			÷热王水
Sb_2Se_3	三硒化二锑	480.40	灰	粉			611		÷					
Sb_2Se_5	五硒化二锑	637.9	灰	晶	金属光泽	5810	611～617							+王水
SnSe	一硒化锡	197.66	钢灰	晶		6180^{0}	861		−		+Cl、N		+王水	+硫化物和碱金属溶液
$SnSe_2$	二硒化锡	276.62	白或褐			5133	650		−		−稀；+S*	+		
Tl_2Se	一硒化二铊	487.70	灰	片			340		−		−			
ZnSe	硒化锌	144.34	黄	六		5420^{15}	>1100		−		// N			

表 17.1.8　硒酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点	沸点	每 100g 溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
							/℃		冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
Ag_2SeO_3	亚硒酸银	342.69	白	针					÷					
Ag_2SeO_4	硒酸银	358.73	白	斜		5720			0.12^{20}					
$Al_2O_3 \cdot 3SeO_2$	亚硒酸铝	434.84	白	粉					−		+			
$Au_2(SeO_4)_3$	硒酸金	822.82	黄	晶										
$BaSeO_3$	亚硒酸钡	264.57	粉红	粉					−		+			+亚硒酸
$BaSeO_4$	硒酸钡	280.30	白	正	有毒	4750	//		0.0118	0.0138^{100}	−N;+Cl			
$BeSeO_4 \cdot 4H_2O$	硒酸铍・4 水	224.03		正	1.5007	2030	// 100		+					
$CaSeO_4$	硒酸钙	183.04	无			2880			7.9^{4}					
$CaSeO_4 \cdot 2H_2O$	硒酸钙・2 水	219.07		单		2676			9.4	6.1^{70}				
$CdSeO_3$	亚硒酸镉	239.37	无	微细棱晶					+					
$CdSeO_4 \cdot 2H_2O$	硒酸镉・2 水	291.40		正		3632	// 100		+++					
$Ce_2(SeO_4)_3$	硒酸铈	709.12		正		4456			39.5	2.51				
$Ce_2(SeO_3)_3 \cdot 3H_2O$	亚硒酸铈・3 水	715.16	白	晶					+					
$Cr_2(SeO_3)_3$	亚硒酸铬	484.87	绿	无定形粉末					÷		+热浓盐酸			+亚硒酸
$CuSeO_3$	亚硒酸铜	190.5	淡绿	晶					−		+			
$CuSeO_3 \cdot 2H_2O$	亚硒酸铜・2 水	226.53	蓝绿	斜		$3310^{25)}$			−		+			
$CuSeO_4 \cdot 5H_2O$	硒酸铜・5 水	296.58	浅蓝	晶	1.56	2560			25.7^{15}	//			−	
$Dy_2(SeO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硒酸镝・8 水	896.01	黄	针			$-8H_2O$ 200		+++				−	
$Er_2(SeO_3)_3 \cdot 5H_2O$	亚硒酸铒・5 水	805.47	白	无定形粉末					÷					
$Gd_2(SeO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硒酸钆・8 水	887.51		单		3309	$-8H_2O$ 130		+	+				
$HgSeO_3$	亚硒酸汞	327.55	白	粉					÷					
$HgSeO_3 \cdot H_2O$	亚硒酸汞・1 水	345.56	白	微细晶体					÷					
K_2SeO_3	亚硒酸钾	205.16	白	晶	剧毒～	2851	875//		+				÷	
K_2SeO_4	硒酸钾	221.16		正	1.5390	3066^{20}			110.5	122.2				
$La_2(SeO_3)_3$	亚硒酸镧	658.69	白	粉					++				÷	
$La_2(SeO_4)_3 \cdot 6H_2O$	硒酸镧・6 水	449.90		针						+				
$MgSeO_4 \cdot 6H_2O$	硒酸镁・6 水	275.36	无	单	1.4892	1928			+	+				
$MnSeO_4 \cdot 2H_2O$	硒酸锰・2 水	233.93		正		2950			+	+				
$NaSeO_3 \cdot H_2O$	亚硒酸钠・1 水	263.01	白	晶					+++				−	
Na_2SeO_4	硒酸钠	188.94		正		3098			83.5^{85}	72.8				
$Na_2SeO_4 \cdot 10H_2O$	硒酸钠・10 水	369.10		单		1610			29.8	340				

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	芒硝·10水		无		透明,玻璃光泽	1490			+++					
NH_4HSeO_4	硒酸氢铵	162.01		正		2162^{20}	//							
$(NH_4)_2SeO_4$	硒酸铵	179.04	白	单	1.5630	2194^{20}	//	↑	117^{7}	197			—	$-NH_3$、丙酮
$(NPBr_2)_4$	四聚溴化氮磷	819.16	白	针晶			202							+多种有机溶剂
$(NPF_2)_4$	四聚氟化氮磷	331.91	无	液		2239		89.7						
$NiSeO_4 \cdot 6H_2O$	硒酸镍·6水	309.75	绿	四或单	1.5393	2314			+					
N_4Se_4	四硒化四氮	371.60	橘黄	微晶					—					++各种有机溶剂
$PbSeO_4$	硒酸铅	350.16	白	正		6370^{20}	//		—	—		+浓		
$Pr_2(SeO_4)_3$	硒酸镨	710.69	浅绿	晶					+	÷				
Rb_2SeO_4	硒酸铷	313.90	无	正		3900			158.9^{12}					
$SrSeO_4$	硒酸锶	230.58		正		4250			—	—	—N;+Cl*			
Tl_2SeO_4	硒酸亚铊	551.70	正		1.9592	6875	>400		2.13^{10}	10.86				
$Yb_2(SeO_3)_3$	硒酸镱	726.96							—				—	—乙醚
$Yb_2(SeO_4)_3 \cdot 8H_2O$	硒酸镱·8水	919.09		六、片		3300								
$ZnSeO_3 \cdot 2H_2O$	亚硒酸锌·2水	228.37	白	晶	有毒				—		+			
$ZnSeO_4 \cdot 5H_2O$	硒酸锌·5水	298.42		三		2591^{20}	// >50		+					

表 17.1.9 碲化物的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	其他溶剂
Ag_2Te	碲化银	343.34	灰	立		8500	955		—		+N		+KCN溶液
Bi_2Te_3	三碲化二铋	800.76	灰	棱		7700^{20}	573				//N		
$CdTe$	碲化镉	240.02	棕黑	立	2.5	6200^{15}	1041		—		—; //N		
Cu_2Te	碲化亚铜	254.70	蓝黑	晶八面体		7270	约900				—Cl、S		+溴水
$GeTe$	碲化锗	200.24				6140^{25}	725						
$IrTe_2$	二碲化铱	447.42	深灰	晶		9500^{25}					—		+热王水
$PbTe$	碲化铅	334.80	白	立		8160^{20}	917		—		—		
$PdTe_2$	二碲化钯	361.60											
$PtTe_2$	二碲化铂	450.45	浅灰	六				>1200			$+Na_2Te$	$+(NH_4)_2S$	$÷Na_2S$溶液
$RuTe_2$	二碲化钌	356.27	灰蓝	立			400~600				—		+++热王水
Sb_2Te_3	三碲化二锑	626.30	灰				629						
$SnTe$	一碲化锡;碲化亚锡	246.30	灰	晶		6480	780			—	—Cl		
Tl_2Te	一碲化二铊	536.34					412		—		//		
$ZnTe$	碲化锌	192.96	棕红	立	3.56	5540^{12}	1238		—		//Cl、N		

表 17.1.10　碲酸盐的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$BaTeO_4$	碲酸钡	328.93	白			4480^{16}			÷	÷				
K_2TeO_3	亚碲酸钾	253.80	白	粉	毒～	3053	460-70		+++	+++				
$K_2TeO_4 \cdot 5H_2O$	碲酸钾·5水	359.88	正		～		$-H_2O$ 200	－O 200	0.32	6.95		÷KOH	—	
$K_2H_4TeO_6 \cdot 3H_2O$	碲酸四氢钾·3水	359.88	无	斜					÷				—	
Na2 H_4TeO_6	正碲酸四氢钠	273.61	无	六					÷		+N*			
$(NH_4)_2TeO$	碲酸铵	227.69	白	粉		3010^{25}	//		÷	÷				

表 17.1.11　其他无机物料的一般物性总览

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况：冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Ba(NH_2)_2$	氨基钡	169.41	灰白				280		//	//				
$Be(BH_4)_2$	硼氢化铍	38.70	白	晶			↑91.3	//123	×					+苯
$BrNO_3$	硝酸溴	141.91	黄	液			－42	// 0					—	$+CCl_4, CFCl_3$
Br_2SO_3F	氟磺酸溴	178.98	暗红	液		2600		120	×	×				
$Cd(NH_2)_2$	氨基镉	144.45				3050	// 120							
$ClO_2 \cdot ClO_4$	高氯酸二氯氧	182.64		橙(固)暗红(液)		2023	3.5	203	//					
Cl_4O_3P	焦磷酰氯	251.38	无	液	发烟,腐蚀	1820^{15}		$90\sim100^{1.6}$						
$Co(CO)_4$	四羰络钴	170.98	橙	晶		1730^{18}	51	// 52	—	//	+苯	×	+	+ CS_2,乙醚,氯仿
$Co(NH_3)_3Cl_3 \cdot H_2O$	三氯三氨络钴·1水	234.43							+		+		+	
$Co(NH_3)_4Cl_2 \cdot Cl \cdot H_2O$	氯化二氯四氨络高钴·1水	251.46	绿	正		1847			+++		+		—	
$Co(NH_3)_5ClCl_2$	氯化一氯五络高钴	250.47		正		1816^{25}			0.232	1.031^{46}			—	
$[Co(NH_3)_5 \cdot H_2O]Cl_2$	氯化一水五氨络钴	268.49	砖红			1700^{25}	// 100		16.12	24.87^{16}	÷Cl			
$Co(NH_3)_6Cl_3$	氯化六氨络高钴	267.50	橙	单		1702^{20}			4.26	12.74^{46}		$-NH_4OH$	—	
$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	赤矾·7水	281.15	玫瑰红至肉红	单		1960	96-8	$-7H_2O$420	+				÷	+甲醇
$Cr(CO)_6$	六羰铬	220.06	无	斜		1770	↑// 150	炸 210			－苯	－乙醚	—	$÷CCl_4$,氯仿
$Cu(NH_3)_2(N_3)_2$	氨络叠氮化铜	181.64	暗绿	晶			//100	炸 200	—		+			
$[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2$	二硝酸根四氨合铜	255.67	暗蓝	八		1910	炸 210		+					
Cu_2C_2	乙炔铜	151.10	红	无			炸		÷÷		+	$+NH_4OH$		
Cu_3Sb	锑化三铜	312.38	灰			8510^{20}	687							
$Fe(CO)_5$	五羰基铁	195.90	浅黄	黏		1457	－21	103	—		+S′	+	+	+乙醚、苯、丙酮
$[Fe(CO)_4]_3$	四羰基铁	503.67	暗绿	单		1996^{18}	// 140		—		+N′,S*			+有机溶剂
$Fe(NO)_2(CO)_2$	二羰基二亚硝酰铁	171.88	暗红	晶		1560	18.5	// 50						+有机溶剂
$Fe_2(CO)_9$	九羰基铁	363.79	黄	六		2090	// 100		—		+N			
$GeHCl_3$	三氯氢化锗	179.98	无	液		1930	－71	75.2	—	//				

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$HgSiF_6 \cdot HgO \cdot 3H_2O$	碱式氟硅化汞·3水	613.33	黄	针					//		+			
$Hg_2NOH \cdot zH_2O$	二亚汞代羟胺·z水					4083^{18}								
InSb	锑化铟	236.57		晶			535							
$[Ir(CO)_3]_n$	多聚三羰铱		黄	晶			↑250^{Δ}					$-CCl_4$		(Δ−CO中)
$[Ir(CO)_4]_n$	多聚四羰铱		黄	晶			↑160^{Δ}					$+CCl_4$		(Δ−CO中)
KNH_2	氨基钾	55.12	黄至绿				338	↑ 400	//				//	÷液氨 3.6^{25}
K_3Sb	锑化三钾	239.5	黄绿	六			812						÷	
$LiHC_5H_2N_4O_3$	尿酸二氢锂	174.05	白	粉					0.27^{20}	2.5				
$LiNH_2$	氨基锂	22.96	无	四		1178^{18}	375	430 //	//					
Li_3Sb	锑化锂	142.58				3200^{17}	> 950							
$Mo(CO)_6$	六羟络钼	264.00	白	斜		1960	151 //		—					+乙醚
$MoO(OH)_3$	三羟氧化钼	162.97	褐				→Mo_2O_5 Δ		0.2		÷Cl、S	$\div NH_3$		(Δ−在CO_2中)
$Mo_3Cl_4(OH)_2 \cdot 2H_2O$	四氯二羟化三钼·2水	499.71	黄	无					—		+		—	
$N_2H_4 \cdot \frac{1}{2}H_2SO_4$	半硫酸化联氨	81.09		片	~		85		+++				—	
$N_2H_4 \cdot H_2SO_4$	硫酸化联氨	130.13		正		1378	254		3.055^{22}	27.65^{60}			÷纯	
$NH_2OH \cdot \frac{1}{2}H_2SO_4$	半硫酸化氨	82.07	无	单			170	//	32.9	68.5^{90}			÷	
$NH_2OH \cdot HCl$	盐酸化羟氨	69.50	无	单		1670^{17}	151	//	83.3^{17}	+++			+	−乙醚
$NH_2OH \cdot HNO_3$	硝酸化羟氨	96.05	无	晶			48	//<100	+++	//			+++纯	
NH_3NI_3	氨合三碘化氮	411.80	红	正		3500	// >20	炸	//		+Cl	+KCN	−纯	$+Na_2SO_3$水溶液
$Ni(CO)_4$	四羰络镍	170.73		液		1310^{17}	−25	43^{100}	0.018^{10}	—	+N		+	+乙醚、王水
$NiI_2 \cdot 9NiO \cdot 15H_2O$	二碘九氧化十镍·15水	1254.98	红棕						—		+N	$-NH_4OH$		
NiSb	锑化镍	180.45		六		7700^{0}	1158	// 1400						
NO_2NH_2	硝酰氨	62.03	无	晶			//		+				+	+乙醚
$Os(CO)_5$	五羰络锇	330.26	无	晶			−15							
$Os(CO)_9$	九羰络二锇	632.50	黄	晶			+130	224						
$P_2O_8I_6$	六碘八氧化三磷	982.46	红	晶			140	//	+				+	+乙醚
$Pd(NH_3)_2(OH)_2$	二羟二氨络钯	174.48	黄	八	150℃以下稳定				+					
$Pd(NO)_2 \cdot Cl_2$	氯化两个氧氮络钯	237.33	深	棕					//					
$POBr_3$	三溴氧磷	286.72	无	片					//		+S′	+苯	+氯仿	$++CS_2$、乙醚
$POCl_3$	三氯氧化磷	153.35	无	液	刺激发烟				+ //				+ //	
$Pt(CO)S$	硫羰络铂	255.31	褐	黑			//>300							
$Pt_2(CO)I_4$	四碘二羰络二铂	954.16	红	晶		5257^{25}	// 150	//	÷					//KCN水溶液

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况 冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$Rh(HS)_3$	三氢硫化铑	202.13	褐至黑				//		−	//	−	−Na_2S溶液		+王水、Br_2水溶液
$Ru(CO)_2$	二羰络钌	157.72	棕	无					+++				+++	−苯
$Ru(CO)_4$	四羰络钌	213.74	红绿	晶							+Cl			+HBr
$Ru(CO)_5$	五羰络钌	241.75	无	晶					−		+苯	+汽油	+++	+++CCl_4、氯仿
$Ru(NO)_5$	五氧氮络钌	251.74	红	立			//		−	−	+S;//N	//丙酮	÷	−苯、乙醚
$Ru_2(CO)_9$	九羰络二钌	455.49	橙黄	单			//150	↑//		−NH_4OH		+丙酮	+氯仿	+苯、二甲苯
$NaBH_4$	硼氢化钠	37.83	无	立	～	1070		//>500	55^{20}	×	×			+液氨、吡啶
$NaNH_2$	氨基化钠	39.01	橄榄绿	晶			210	400	//	//			×热	+液氨0.1
Na_3Bi	铋化三钠	277.99	蓝紫				775		//					
$NaBiO_3$	铋酸钠	297.97	黄褐	粉										
$NaBiO_3 \cdot 2H_2O$	铋酸钠·2水	316.00	浅黄	无					−		//	//		
Na_3Sb	锑化三钠	190.75	深蓝				856		//					
$Na_2V_4O_{11} \cdot 9H_2O$	重钒酸钠·9水	587.88	橙红	晶					÷					
NH_2OH	羟氨	33.03	无	液或斜	～	1216	10	56.5^{3}	∞	//	+			++甲醇
$NH_2OH \cdot HCl$	盐酸胲	69.50	无	单		1670	151	//	83.3^{17}	++				−乙醚;+甲醇
N_2H_4	联氨	32.04	无	液或单	1.471	1008^{20}	2.0	113.5	∞		−苯	−乙醚	+	−三氯甲烷
$N_2H_4 \cdot HCl$	盐酸肼	68.51	黄	液					+++	+++			÷	
$N_2H_4 \cdot 2HCl$	盐酸联氨	104.98	无	立		1420	198		270.4^{23}	+++			÷	
$N_2H_4 \cdot 2HNO_3$	二硝酸化联氨	158.08		针			104	//	+++					
$N_2H_4 \cdot HN_3$	叠氮酸化联氨	75.08			～		75.4		+++	+++			+++	
$N_2H_4 \cdot HNO_3$	硝酸化联氨	95.06		晶			70.7	↑140	174.9^{10}	+++				
$N_2H_4 \cdot H_2O$	联氨·1水	50.06	无	液或单	1.428	1038	−51.7	119.4	∞			∞	−乙醚、氯仿	
$(NH_4)_3C_6H_5O_7$	2-羟基丙三羧酸-1,2,3-铵	243.22	白	粉	～		//		+					
$NiBr_2 \cdot 6NH_3$	六氨合溴化镍	320.71	紫	粉		1837			++	//		−NH_4OH*		
$Ni(CO)_4$	四羰镍	170.73	无	液	易燃	1310	−25	43^{100}	0.018^{10}	−	−	−	+	①
$Os(CO)_5$	五羰基锇	330.25	无	液			−15							
$Re(CO)_5Re(CO)_5$	五羰基铼	652.51	无	立晶										÷有机溶剂
$Ru(CO)_5$	五羰基钌	241.12	无	液			−22						+	
$SiBrCl_3$	一溴三氯化硅	214.35	无	液			<−60	80	//					
$SiBrI_3$	一溴三碘化硅	488.74					53	255						
$SiBr_2Cl_2$	二溴二氯化硅	258.82		液			<−60	103-5	//					
$SiBr_2I_2$	二溴二碘化硅	441.74					38	230-1						
$SiBr_3Cl$	三溴一氯化硅	303.27	无	液	发烟	2432	−39	140.5	//					
$SiBr_3I$	三溴一碘化硅	394.74					14	192						
$SiClBr_3$	一氯三溴化硅	303.28	无	液		2434	−39	140.5						

续表

分子式	名称	相对分子质量	颜色	晶形	特性或折射率	密度/(g/dm³)	熔点/℃	沸点/℃	每100g溶剂中的溶解度(g)或溶解情况					
									冷水	热水	酸	碱	乙醇	其他溶剂
$SiClI_3$	一氯三碘化硅	444.28					2	234-7						
$SiCl_2I_2$	二氯二碘化硅	352.82					<−60	172						
$SiHBr_3$	三溴一氢化硅	268.82	无	液		2700^{17}	<−60	117	//					//液氨
$SiHI_3$	三碘一氢化硅	409.38		液		3314^{20}	8	220	//					∞ 苯,CS_2
SiH_2Br_2	二溴二氢化硅	189.92				2170^{0}	−77	66						
$SiHCl_3$	三氯一氢化硅	135.45	无	液		1340	−126.5	33	//		+苯	∞氯仿		∞CS_2、CCl_4
SiH_2Cl_2	二氯二氢化硅	101.00				1420^{-122}	−122	8.3						
$SiICl_3$	三氯一碘化硅	261.35	无	液	发烟		<−60	113.5	//					
$SiSBr_2$	二溴硫化硅	219.96	无	片			93	$150^{2.4}$	//					+CS_2、+汽油
$SiSCl_2$	二氯硫化硅	131.04	白	棱			75	185	//					+CS_2
$SO_2(NH_2)_2$	硫酰胺	96.11	无	正、片		1807	91.5	// 250	+					
$SO_3 \cdot SO_2Cl_2$	五氧二氯化二硫	215.06	无	液		1837	−37.5	153^{100}	//		// HBr			// HI
$UO_2(NH_4)_3F_5$	五氟化双氧铀三胺	419.19		四	1.495	3186^{20}	↑		+					
$VO(C_5H_7O_2)_2$	氧基合钒	264.94	蓝	单					+		+苯	+氯仿	+	+乙酰丙酮、乙醚
$W(CO)_6$	六羰基合钨	351.91	无	斜		2650			−			÷乙醚	÷	++发烟硝酸
$Zn(NH_2)_2$	氨基锌	97.43	白	无		2130^{25}	/>200		//				//	−乙醚

① 溶于乙醚、苯、氯仿；与硝酸、王水、浓硫酸起反应。

表 17.1.12 其他无机物料的危险品特性总览

名称	CAS号	危险品编号	饱和蒸气压/kPa	燃烧性	闪点/℃	自燃温度/℃	建规火险分级	爆炸下/上限(体积分数)/%	灭火方法	危险品类别	风险性代号	安全代号
硼氢化钾	13762-51-1	43045	—	易	—	—	甲	—	G,T,JP,JS	4.3	R14/15；	S28A；S36/37/39；
硼氢化锂	16949-15-8	43043	—	易	−18	—	乙	—	G,T,JP,JS	4.3	R14/15；	S26；S36/37/39；S43；
硼氟化铵	13826-83-0			不	※	※		※	K		R34	S26；S36/37/39；S45
硒化镉	1306-24-7	61018		可	—	—	乙	—	R,G,T	6.1		
碲化氢	7783-09-7			易	—	—	甲	—	W,P,R,G,T			
碲酸钠				不	※	※		※	P,R,G,T			
一氢砷酸钠	15120-17-9	61012	—	不	※	※	—	※	W,P,T	6.1		
亚砷酸钙	27152-57-4	61009		不	※	※		※	S,T,G	6.1		
亚砷酸钠	7784-46-5	61009	—	不	※	※	—	※	W,P,T	6.1		
亚砷酸钾	10124-50-2	61009	—	不	※	※	—	※	W,P,T	6.1		
砷酸钙	7778-44-1	61012	—	不	※	※	—	※	W,P,T	6.1		
砷酸铅	3687-31-8	61012	—	不	※	※	—	※	W,P,T	6.1		
硅酸钠	10213-79-3			不	※	※		※	W,P,R,G,T		R34；R37	S26；S36/37/39；S45
硅酸铅	11120-22-2	61507		不	※	※		※	K	6.1		

17.2　浓度和密度

表 17.2.1　硅酸盐水溶液密度　　单位：kg/m^3

名　　称	浓度(质量分数)/%								
	1	2	4	6	8	10	12	14	16
K_2SiO_3(20℃)	1007	1016	1035	1054	1073	1092	1112	1133	1153
Na_2SiO_3(18℃)	1009	1020	1043	1065	1088	1112	1136	1161	1187
$Na_2O/3.90SiO_2$	1006	1014	1030	1046	1062	1080	1098	1116	1134
$Na_2O/3.36SiO_2$	1006	1014	1030	1047	1065	1083	1101	1120	1139
$Na_2O/2.40SiO_2$	1007	1016	1034	1052	1071	1090	1110	1130	
$Na_2O/2.06SiO_2$	1007	1016	1035	1054	1073	1093	1113	1134	1155
$Na_2O/1.69SiO_2$	1007	1017	1036	1056	1077	1098	1119	1141	1163
名　　称	浓度(质量分数)/%								
	18	20	22	24	26	30	35	40	45
K_2SiO_3(20℃)	1175	1196							
Na_2SiO_3(18℃)	1212	1238	1265	1293	1320				
$Na_2O/3.90SiO_2$	1153	1172	1191	1211	1231	1275			
$Na_2O/3.36SiO_2$	1159	1179	1200	1222	1244	1290	1352		
$Na_2O/2.44SiO_2$						1309	1373	1445	
$Na_2O/2.06SiO_2$	1177	1200	1223	1247	1271	1321	1384	1450	1520
$Na_2O/1.69SiO_2$	1186	1210	1234	1259	1284	1337	1409		

表 17.2.2　硅酸钠的浓度　　单位：°Bé

模　　数	温　　度/℃										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2.06								49.6	49.4	49.2	49.0
3.34	42.0	41.7	41.5	41.2	41.0	40.9	40.7	40.5	40.2	40.1	40.0
模　　数	温　　度/℃										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
2.06	49.0	48.8	48.6	48.4	48.2	47.7	47.5	47.3	47.2	47.1	
3.34	40.0	39.7	39.4	39.2	39.0	38.8	38.6	38.4	38.2	37.9	37.8

表 17.2.3　砷酸盐水溶液的密度　　单位：kg/m^3

名　　称	温　　度/℃	浓　　度(质量分数)/%								
		1	2	4	6	8	10	12	14	16
Na_2HAsO_4	14	1008	1018	1036	1056	1076	1098	1120	1142	1164
Na_3AsO_4	17	1010	1021	1043	1066	1089	1113	1137		

表 17.2.4　硼酸盐水溶液的密度（15℃）　　单位：kg/m^3

名　　称	浓　　度(质量分数)/%									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0
$Na_2B_4O_7$	1004.2	1008.2	1013.1	1017.9	1022.6	1027.4	1032.1			
$Na_2B_4O_2\cdot 10H_2O$		1005		1010		1015		1020	1025	1030

17.3　黏度和表面张力

表 17.3.1　硅酸钠的黏度　　单位：mPa·s

(1) 模数 1.58、2.00

模　　数	温　　度/℃						
	10	15	20	25	30	35	40
1.58	49.0	48.8	48.4	48.2	47.7	47.5	47.3
2.00	40.0	39.7	39.2	39.0	38.8	38.6	38.4

（2）模数 2.63

密度/(g/cm^3)	1.03	1.07	1.10	1.13	1.16	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45
浓度/°Bé	3.7	10.0	13.0	16.3	19.8	24.0	28.8	33.3	37.3	41.6	49.4
黏度/mPa・s	2.6	3.0	3.1	3.3	3.7	4.7	6.7	11.4	23.6	64	186

（3）模数 3.25

浓 度	温 度/℃												
/°Bé	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38
39.7	488	370	319	270	229	205	176	172	148	130	117	105	91
40.0	742	518	449	407	282	253	216	193	173	170	134	129	106
41.0		857	583	517	419	373	331	283	243	219	192	176	164
41.3		1257	958	746	621	496	430	349	310	273	237	210	190

（4）模数 3.86

浓 度	温 度/℃													
°Bé	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
33.8	461	324	243	193	165	153	118	101	87	78	73	66	57	50
34.4	2734	1323	723	479	322	231	197	172	149	126	104	101	98	77
34.6	1115	690	440	304	231	188	158	137	125	118	111	102	91	82

表 17.3.2 四硼酸钠熔盐的黏度 单位：Pa・s

温 度/℃	615	621	648	653	683	688	714	718	752	805	888
η	1682	1040	255	208	47.4	40.6	15.7	13.8	0.49	0.15	0.05

表 17.3.3 硼酸盐的表面张力 单位：mN/m

分子式	名 称	温 度/℃				
		1000	1020	1100	1200	1400
$NaBO_2$	偏硼酸钠		193	180	164	131
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	四硼酸钠・10 水	212				

17.4 溶 解 度

表 17.4.1 砷酸氢二钠在水中的溶解度

分子式	名 称	在下列温度(℃)下无水盐在 100g 水中的最大溶解质量/g										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Na_2HAsO_4	砷酸氢二钠	5.46		67.2								100
$Na_2HAsO_4 \cdot 12H_2O$	砷酸氢二钠・12 水	5.9	16.4	33.9	49.3	69.5	99.4	144	184	186	189	193

表 17.4.2 硅酸盐在水中的溶解度

名 称	分子式	下列温度(℃)下硅酸盐在 100g 水中的最大溶解质量/g										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
氟硅酸钡	$BaSiF_6$	0.015	0.021	0.026	0.030	0.032	0.033	0.032	0.030	0.025	0.018	0.09
硅酸钠	Na_2SiO_3			18.8	27.5	44.3	68.0	93.5	125	161	//	

表 17.4.3　硼氢化钠在各种溶剂中的溶解度　单位：g溶质/100g溶剂

溶剂(沸点/℃)	温度/℃	溶解度	溶剂(沸点/℃)	温度/℃	溶解度
水(100)	0	25	甲醇(64.7)	20	16.4(反应)
	25	55	乙醇(78.5)	20	4.0(缓慢反应)
	60	88.5	异丙醇(82.5)	20	0.25
液氨(−33.5)	25	104		60	0.88
甲胺(−6.5)	−20	27.6	二甲基-二丙醇(82.9)	25	0.11
乙胺(16.6)	17	20.9	四氢呋喃(65)	20	0.1
正丙基胺(48.7)	28	9.7	乙二醇-二甲醚(85)	0	2.6
异丙基胺(34.0)	28	6.0		20	0.8
正丁胺(77.8)	28	4.9	二甘醇-二甲醚(162)	0	1.9
1,2-乙二胺(118)	75	2.2		20	6.5
环己胺(134)	28	1.8	三甘醇-二甲醚(216)	0	8.4
苯胺(184)	75	0.6		50	8.5
吡啶(115.3)	25	3.1	四甘醇-二甲醚(275)	0	8.7
乙腈(82)	28	0.9		50	8.4

表 17.4.4　硼氢化钾在各种溶剂中的溶解度　单位：g/100g溶剂

溶剂(沸点/℃)	温度/℃	溶解度	溶剂(沸点/℃)	温度/℃	溶解度
水(100)	25	19	三甘醇-二甲醚(216)	0	0.1
液氨(−33.3)	25	20	甲醇(64.7)	20	0.7
1,2-乙二胺(118)	75	3.9	二甲替甲酰胺(153)	20	15.0

表 17.4.5　硼酸盐在水中的溶解度

分子式	名称	无水硼酸盐在下列温度(℃)时100g水中的最大溶解质量/g											
		0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
$Mn(H_2BO_3)_2 \cdot H_2O$	硼酸锰·1水		0.94^{14}				0.50^{44}	0.69			0.08		
$NaBO_2$	偏硼酸钠	16.4	20.8	25.4	28.2	31.4	40.4		63.9		84.5		125
$Na_2B_4O_7$	四硼酸钠	1.3					8.8						52.5
$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	四硼酸钠·5水									22.4	31.5	41.0	52.5
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	四硼酸钠·10水	1.6		2.5	3.2	3.9	6.4	10.5	17.4		24.3		39.1
$NH_4B_5O_8 \cdot 4H_2O$	五硼酸铵·4水	4.00	5.38	7.07	8.03	9.10	11.4	14.4	18.2	22.4	26.4	30.3	

表 17.4.6　五硼酸铵在 NaCl 中的溶解度

温度/℃	NaCl/(g/100g饱和溶液)	$NH_4B_5O_8$/(g/100g饱和溶液)	温度/℃	NaCl/(g/100g饱和溶液)	$NH_4B_5O_8$/(g/100g饱和溶液)	温度/℃	NaCl/(g/100g饱和溶液)	$NH_4B_5O_8$/(g/100g饱和溶液)
0	26.28	3.95	35	—	10.02	70	27.27	—
10	26.29	5.39	40	—	11.40	75	—	24.40
20	26.37	7.07	45	—	12.81	80	27.54	—
25	26.43	—	50	26.83	—	90	27.8	30.29
30	26.49	9.10	60	—	18.25	100	28.12	—

表 17.4.7　硼酸盐水溶液及饱和溶液的沸点　单位：℃

名称	下列浓度(g/100g水)时溶液的沸点									饱和溶液		
	10	25	50	75	100	500	1000	1500	3000	沸点	浓度/(g/100g水)	固相组成
$Na_2B_4O_7$	100.6	101.6	102.6	103.5	104.3							
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$			101.3	101.6	102.0	103.5	104.1	104.3	104.4	104.5	5555	$NaB_4O_7 \cdot 5H_2O$

表 17.4.8 硒酸盐在水中的溶解度

名 称	分子式	在下列温度(℃)下无水盐在100g水中的最大溶解度/g										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
硒酸钠	Na_2SeO_4						80.2					72.8
硒酸钠·10水	$Na_2SeO_4 \cdot 10H_2O$	13.3			78.7							
硒酸铊	$TlSeO_4$		2.13	2.8	3.6	4.5	5.4	6.4	7.4	8.5	9.6	10.9
硒酸铵	$(NH_4)_2SeO_4$		1.22^{12}									
硒酸钍	$Th(SeO_4)_2$		0.5									

17.5 沸点和冰点

表 17.5.1 偏硅酸钠沸点升高（101.3kPa）

（1）模数 1.68

Na/%	0.556	0.685	0.708	0.823	0.897	0.933	1.046	1.100
Δt/℃	0.086	0.124	0.025	0.160	0.073	0.137	0.141	0.189
Na/%	1.204	1.900	3.010	4.039	5.490	6.650	8.390	9.752
Δt/℃	0.258	0.345	0.495	0.678	0.835	0.991	1.269	1.475

（2）模数 2.06

Na/%	0.316	0.421	0.946	0.947	1.136	1.170	1.888	1.933
Δt/℃	0.1276	0.1567	0.2463	0.2453	0.2723	0.2531	0.3819	0.3936
Na/%	1.933	3.553	4.874	5.467	7.486	7.508	9.516	9.540
Δt/℃	0.3936	0.4122	0.7334	0.5970	1.0578	1.0721	1.3617	1.3480

（3）模数 2.55

Na/%	0.476	0.849	1.074	1.463	3.479	7.359	8.054	8.293
Δt/℃	0.097	0.177	0.199	0.236	0.4223	0.897	0.854	0.961

（4）模数 2.96

Na/%	0.109	0.223	0.495	0.809	1.241	1.253	2.466	2.472
Δt/℃	0.0639	0.0993	0.1230	0.1743	0.2272	0.2246	0.3550	0.3625

（5）模数 3.25

Na/%	0.307	0.309	0.610	0.637	1.122	1.122	2.433	2.455
Δt/℃	0.0707	0.0627	0.1071	0.1207	0.1960	0.1902	0.3027	0.3051

（6）模数 3.87

Na/%	0.143	0.143	0.497	0.498	0.762	0.778	1.495	1.512
Δt/℃	0.1013	0.0937	0.1629	0.1490	0.1986	0.1932	0.2830	0.2828

表 17.5.2 硅酸钠冰点下降

模数 2.01		模数 2.21		模数 2.25	
物质的量的浓度/(mol/L)	$-\Delta t$/℃	物质的量的浓度/(mol/L)	$-\Delta t$/℃	物质的量的浓度/(mol/L)	$-\Delta t$/℃
1.685	3.31	1.326	2.59	1.614	2.93
1.391	2.74	1.296	2.59	1.540	2.82
1.321	2.67	0.695	1.56	0.807	1.63
0.842	1.80	0.662	1.52	0.770	1.63
0.834	1.79	0.648	1.56	0.538	1.245
0.421	1.15	0.332	1.03	0.403	1.07
0.348	1.03	0.327	0.99	0.390	1.04
0.330	1.06	0.300	1.00	0.375	1.04
0.211	0.75	0.150	0.66	0.192	0.68

17.6　蒸　气　压

表 17.6.1　其他物料的蒸气压

分子式	名　称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
$Al(BH_4)_3$	三氢硼化铝				−51.6	−47.0	−37.5	−26.3	−16.4	−9.7	3.9	20.6	35.4	45.9	−64
BH_3CO	羰基乙硼烷	−140.5	−136.7	−131.7	−127.0	−123.9	−117.5	−110.3	−103.9	−99.5	−90.6	7.8	15.7	−64.0	−137.0
B_2H_5Br	溴氢乙硼烷	−95.7	−89.3	−81.6	−74.8	−70.2	−61.0	−50.6	−41.1	−34.7	−22.0	−6.9	6.7	16.3	−104.2
$B_3N_3H_6$	三硼三胺	−65.4	−59.0	−51.3	−44.4	−39.5	−29.8	−18.7	−8.7	−2.0	11.5	27.2	41.0	50.6	−58.2
$Co(CO)_3NO$	三羰基亚硝酰钴						−1.3	5.3	15.5	22.6	37.0	54.2	69.4	80.0	−11
$COCl_2$	光气(碳酰氯)	−94.9	−89.4	−82.6	−76.6	−72.7	−64.5	−55.0	−46.6	−40.8	−28.8	−14.2	−1.1	8.3	−104.0
COSe	氧硒化碳	−118.9	−113.9	−107.6	−101.9	−98.2	−90.4	−80.9	−72.6	−67.0	−55.7	−42.0	−30.0	−21.9	
$Cr(CO)_6$	六羰基铬	32.9	41.0	50.4	58.6	63.8	74.4	85.7	95.5	102.0	115.1	130.3	142.9	151.0	
CrO_2Cl_2	氧氯化铬	−21.5	−13.5	−4.3	3.8	9.2	20.3	32.6	43.5	51.1	67.1	86.4	104.3	117.1	
CSeS	硒硫化碳	−50.2	−42.6	−33.7	−25.9	−20.6	−9.7	2.6	13.7	21.4	37.5	56.6	73.7	85.6	−75.2
$Fe(CO)_5$	五羰基铁				−5.8	0.1	11.2	24.1	35.7	43.5	59.7	78.1	93.9	105.0	−21
$Ru(CO)_5$	五羰基钌														
$GeHCl_3$	三氯甲锗烷	−43.9	−37.0	−28.9	−21.7	−17.1	−7.6	3.3	13.3	20.2	34.3	50.9	65.2	75.0	−71.1
NH_4HS	硫氢化铵	−53.0	−47.8	−41.4	−35.6	−31.9	−24.6	−16.4	−9.2	−4.4	5.1	16.6	26.5	33.3	
$N_2H_6CO_2$	氨基甲酸铵	−28.1	−22.6	−16.0	−10.0	−6.2	1.4	9.8	17.3	22.2	31.8	43.0	52.2	58.3	
$Ni(CO)_4$	四羰基镍								−18.7	−12.1	1.7	18.2	32.7	42.5	−25
NOCl	亚硝酰氯								−56.7	−51.2	−40.1	−26.5	−14.6	−6.4	−64.5
NOF	亚硝酰氟	−133.3	−129.6	−124.6	−120.0	−117.0	−111.0	−104.0	−97.7	−93.2	−84.2	−73.3	−63.2	−56.0	−134.0
$POCl_3$	磷酰氯						8.3	21.0	32.5	40.4	56.7	75.8	92.9	105.1	2.0
$SeOCl_2$	氧氯化硒	31.1	40.6	51.3	60.6	66.7	78.6	91.7	103.2	111.0	126.7	144.1	158.4	168.0	8.5
$(SiCl_3)_2O$	六氯甲硅醚	−8.3	0.2	10	18.5	24.4	36.0	48.9	60.5	68.4	84.4	104.3	122.7	135.6	−33.2
SiF_2Cl_2	二氯二氟甲硅烷	−126.4	−121.6	−115.6	−110.1	−106.3	−98.5	−89.5	−81.2	−75.5	−64.1	−50.9	−39.6	−31.8	−139.7

续表

分子式	名称	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0	2	4	7	10	20	40	70	101.3	熔点/℃
		相应于上述蒸气压强(kPa)的温度/℃													
SiF_3Br	三氟溴甲硅烷											−62.2	−50.1	−41.7	−70.5
SiF_3Cl	三氟氯甲硅烷	−145.2	−141.7	−137.1	−132.7	−129.7	−123.7	−116.6	−110.2	−105.9	−96.9	−85.9	−76.5	−70.0	−142
$SiFCl_2Br$	二氯氟溴甲硅烷	−88.9	−82.4	−74.7	−67.8	−63.1	−53.5	−42.5	−32.1	−25.3	−11.0	7.2	23.7	35.4	−112.3
$SiFClBr_2$	二溴氟氯甲硅烷	−67.9	−60.7	−52.3	−44.9	−39.9	−29.6	−17.8	−7.6	−0.4	15.1	34.2	49.8	59.5	−99.3
SiH_2Br_2	二溴甲硅烷	−63.8	−56.1	−47.2	−39.4	−34.0	−23.2	−11.1	−0.1	7.5	23.3	42.3	58.9	70.5	−70.2
SiH_2F_2	二氟四硅烷	−147.8	−144.5	−140.0	−135.7	−132.9	−127.3	−121.0	−115.2	−111.2	−103.0	−92.5	−83.6	−77.8	
SiH_2I_2	二碘甲硅烷				4.7	11.9	26.9	44.3	59.8	70.2	91.5	115.2	135.5	149.5	−1.0
$SiHCl_3$	三氯甲硅烷	−83.1	−76.6	−68.9	−62.0	−57.4	−48.3	−38.0	−28.6	−22.2	−8.9	7.2	21.6	31.8	−126.6
$SiHF_3$	三氟甲硅烷	−152.9	−150.2	−146.3	−142.5	−140.3	−135.6	−130.2	−125.4	−122.0	−115.4	−106.8	−99.7	−95.0	−131.4
$(SiH_3)_2O$	甲硅醚	−114.7	−108.8	−101.7	−95.4	−91.6	−83.8	−74.9	−66.7	−61.1	−49.6	−35.7	−23.6	−15.4	−144.2
$(SiH_3)_3N$	三甲三烷基胺	−71.3	−64.5	−56.5	−49.3	−44.5	−34.8	−23.9	−14.0	−7.2	6.7	23.4	38.3	48.7	−105.7
$SiFBr_3$	三溴氟代甲硅烷	−49.0	−41.4	−32.6	−24.8	−19.6	−8.9	3.3	14.2	21.8	37.6	56.3	72.5	83.8	−82.5
$SiFCl_3$	三氯氟甲硅烷	−94.7	−89.0	−82.1	−75.9	−71.9	−63.4	−53.6	−44.9	−38.8	−26.1	−10.8	2.7	12.2	−120.8
SiH_3Br	溴代甲硅烷				−85.2	−81.0	−72.5	−62.8	−53.8	−47.8	−35.3	−20.1	−6.8	2.4	−93.9
SiH_3Cl	氯代甲硅烷	−119.4	−114.9	−109.2	−103.9	−100.6	−93.8	−85.8	−78.4	−73.2	−62.8	−50.2	−38.7	−30.4	
SiH_3F	氟代甲硅烷	−153.5	−151.6	−148.5	−145.3	−143.2	−138.8	−133.7	−128.9	−125.6	−119.2	−110.8	−103.3	−98.0	
SiH_3I	碘代甲硅烷				−52.7	−50.1	−39.8	−27.2	−17.3	−10.5	3.4	20.3	35.1	45.4	−57.0
$SiHBr_3$	三溴甲硅烷	−33.7	−25.3	−15.7	−7.3	−1.5	10.3	23.6	35.7	44.1	61.5	81.4	99.2	111.8	−73.5
$SOBr_2$	亚硫酰溴	−10.4	−0.9	9.8	19.2	25.6	38.2	52.1	64.7	73.2	90.4	110.3	127.6	139.5	−52.2
$SOCl_2$	亚硫酰氯	−55.8	−48.2	−39.5	−31.8	−26.5	−15.7	−3.7	7.2	14.7	30.1	48.3	64.3	75.4	−104.5
SO_2Cl_2	硫酰氯				−34.5	−29.3	−18.6	−6.7	4.0	11.3	26.1	43.5	58.7	69.2	−54.1

17.7 比 热 容

表 17.7.1　硼氢化钾的比热容　　　　单位：J/(mol·K)

温度/K	298.2	400	500	600
c_p	96.57	101.0	102.1	106.0

表 17.7.2　硼氢化钠的比热容　　　　单位：J/(mol·K)

温度/K	20	40	60	80	100	150
c_p	1.59	10.54	21.88	31.71	40.21	57.86
温度/K	200	250	298.2	400	500	600
c_p	71.42	80.00	86.90	94.56	101.8	108.6

表 17.7.3　四硼酸钠的比热容　　　　单位：J/(mol·K)

名　称	温度/K									
	20	40	60	80	100	150	200	250	298.2	300
结晶体	3.97	21.07	41.30	60.04	76.53	111.0	139.7	165.0	186.8	
非晶体	4.51	20.64	39.74	57.66	73.64	107.9	137.3	163.5	185.9	187.7
名　称	温　度　/K									
	400	500	600	700	800	900	1000	1016	1016	>1100
结晶体	213.6	229.8	242.1	252.6	262.1	271.0	279.6	281.0	445.2	445.2

注：竖粗线为固体和液体的分界线。

表 17.7.4　硅酸钠的比热容　　　　单位：J/(mol·K)

温度/K	15	20	25	30	40	50	60	80	100	150	200	300
c_p	3.473	7.353	11.84	17.27	27.52	36.62	44.42	56.45	65.71	81.72	92.97	106.1

17.8 热 导 率

表 17.8.1　砷酸二氢钾的热导率　　　　单位：W/(m·K)

温度/K	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
λ	14.53	23.01	20.19	19.28	13.73	9.590	7.382	5.799	4.768	3.874	2.441
温度/K	100	120	140	160	180	200	220	246	260	280	300
λ	1.464	1.488	1.534	1.569	2.324	1.707	1.741	1.748	1.783	1.851	1.980

注：试件为四方形单晶体，尺寸为1.8mm×2mm×11mm，长度方向平行于 c 轴；热流方向为 c 轴方向。

表 17.8.2　硅酸钠水溶液的热导率（20℃）　　　　单位：W/(m·K)

浓　　度/%	0	5	10	15	20
λ	0.595	0.601	0.607	0.612	0.617

表 17.8.3　硅酸镁的热导率　　　　单位：W/(m·℃)

温度/℃	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
λ	3.680	3.100	2.740	2.470	2.235	2.050	1.923	1.840	1.756	1.670	1618	1.629

注：试件成分为59%MgO，41%SiO_2多晶体。由化学纯碳酸镁和硅酸煅烧制备。堆积密度为2.22g/cm^3，总孔率为31.1%。

17.9 焓和熔融热

表 17.9.1 十水合四硼酸钠的焓、熵和自由能

固相	温度/℃										
	200	300	400	500	600	700	800	900	950	1000	1016
焓/(J/mol)	−3279	−3279	−3258	−3236	−3213	−3188	−3162	−3135	−3119	−3103	−3108
熵/[J/(mol·K)]	189.6	190.8	248.7	298.2	341.2	379.4	413.7	445.1	461.8	478.5	474.1
自由能/(kJ/mol)	−3335	−3336	−3358	−3385	−3417	−3453	−3493	−3536	−3563	−3589	−3582
液相	温度/℃										
	1016	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
焓/(J/mol)	−3022	−2985	−2940	−2896	−2851	−2807	−2762	−2718	−2673	−2629	−2584
熵/[J/(mol·K)]	558.4	594.0	632.7	668.3	701.3	732.0	760.8	787.8	813.2	837.3	860.1
自由能/(kJ/mol)	−3589	−3638	−3699	−3723	−3833	−3905	−3979	−4057	−4137	−4219	−4304

表 17.9.2 硅酸盐的熔融热 单位：kJ/mol

名称	$CaSiO_3$	$MgSiO_3$	Na_2SiO_3	Na_2SiO_5
r_m	56.10	61.54	43.12	35.42

17.10 质量指标

表 17.10.1 硅酸钾钠的质量指标（HG/T 2830—2009）

项目	指标							
	Ⅰ类(液体)		Ⅱ类(液体)		Ⅲ类(液体)			
					Ⅰ型		Ⅱ型	
	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品
密度(20℃)/(g/cm^3)	1.408～1.436		1.436～1.465		1.394～1.422		1.465～1.495	
氧化钾(K_2O)(质量分数)/% ≥	5.50		8.50		10.0		10.5	
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/% ≥	5.50		4.20		2.50		2.50	
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/% ≥	24.0		25.0		24.0		29.0	
模数	2.50～2.70		2.50～2.70		2.50～2.70		2.80～3.0	
硫(S)(质量分数)/% ≤	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05
磷(P)(质量分数)/% ≤	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3
黏度(20℃)/Pa·s	—	—	—	—	—	—	1.5	1.5
外观	无色、略带色透明或半透明稠状液体							

项目	Ⅳ类(固体)指标			
	Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型	Ⅳ型
氧化钾(K_2O)(质量分数)/% ≥	14.0	19.5	25.0	23.5
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/% ≥	15.0	10.5	6.50	6.00
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/% ≥	63.0	61.0	60.0	62.0
可溶固体(质量分数)/% ≥	98.5	98.5	98.5	98.5
模数	2.50～2.70	2.50～2.70	2.50～2.70	2.50～2.70
硫(S)(质量分数)/% ≤	0.12	0.12	0.08	0.08
外观	玻璃块状体			

用途：主要用于电焊条制造业中作黏合剂，电视荧光体原料，精密铸造中配料，地质钻井中作防水剂等。

表 17.10.2　工业硅酸钾的质量指标（HG/T 4131—2010）

项　　目	指　　标				
	Ⅰ　类　(液体)				Ⅱ类(固体)
	Ⅰ　型		Ⅱ　型		
	一等品	合格品	一等品	合格品	
密度(20℃) /(g/cm^3)	1.394～1.450		1.355～1.408		—
氧化钾(K_2O)(质量分数)/%　≥	15.5		11.5		31.0
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%　≥	24.0		25.0		65.5
模数	2.20～2.50		3.10～3.40		3.10～3.40
可溶固体(质量分数)/%　≥	—	—	—	—	98.5
硫(S)(质量分数)/%　≤	0.03	0.05	0.03	0.05	0.11
磷(P)(质量分数)/%　≤	0.03	0.05	0.03	0.05	—
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.05	0.10	0.10	0.30	—
黏度(20℃)/Pa・s	协议	协议	协议	协议	—
外观	无色或略带色的透明、半透明黏稠状液体				略带色的透明、半透明玻璃状固体

用途：广泛用于油田、钻井、各种高档涂料；用于耐火防腐和作粘接材料使用；电子工业用硅酸钾溶液主要用于电子束管的荧光屏涂覆。

表 17.10.3　工业液体硅酸钠的质量指标（GB/T 4209—2008）

项　　目	指　　标											
	液-1			液-2			液-3			液-4		
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品
铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.02	0.05	—	0.02	0.05	—	0.05	0.05	—	0.02	0.05	—
水不溶物(质量分数)/%　≤	0.10	0.40	0.50	0.10	0.40	0.50	0.60	0.60	0.80	0.20	0.80	1.00
密度(20℃)/(g/mL)	1.335～1.362			1.368～1.394			1.436～1.465			1.526～1.559		
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/%　≥	7.5			8.2			10.2			12.8		
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%　≥	25.0			26.0			25.7			29.2		
模数(M)	3.41～3.60			3.10～3.40			2.60～2.90			2.20～2.50		
外观	无色透明或半透明黏稠液体											

用途：液-1、液-2 和液-4 主要用作黏结剂、填充料和化工原料，液-3 主要用于建材业，液-5 用于铸造业等。

表 17.10.4　工业固体硅酸钠的质量指标（GB/T 4209—2008）

项　　目	指　　标							
	固-1			固-2			固-3	
	优等品	一等品	合格品	优等品	一等品	合格品	一等品	合格品
可溶固体(质量分数)/%　≥	99.0	98.0	95.0	99.0	98.0	95.0	98.0	95.0
铁(Fe)(质量分数)/%　≤	0.02	0.12	—	0.02	0.12	—	0.10	—
氧化铝(质量分数)/%　≤	0.30	—	—	0.25	—	—	—	—
模数(M)	3.41～3.60			3.10～3.40			2.20～2.50	
外观	无色透明或半透明玻璃块状体							

用途：固-1、固-2 主要用作黏结剂、填充料和化工原料，固-3 主要用于建材业，固-4 用于铸造业等。

表 17.10.5 工业偏硅酸钠的质量指标（HG/T 2568—2008）

项目	Ⅰ类	Ⅱ类		Ⅲ类	
	无水偏硅酸钠	五水偏硅酸钠		九水偏硅酸钠	
		优等品	一等品	优等品	一等品
二氧化硅(以 SiO_2 计)/%	≥45.0	27.8～29.2	27.3～29.0	21.0～22.5	20.0～22.5
总碱量(以 Na_2O 计)/%	50.0～52.0	28.7～30.0	28.2～30.0	21.5～23.0	20.5～23.0
水不溶物/% ≤	0.25	0.05	0.10	0.05	0.30
铁(Fe)/% ≤	0.03	0.01	0.02	0.015	0.05
白度/% ≥	75	80	75	80	70

注：外观：白色结晶状粉末。

用途：广泛应用于各类洗涤行业，还大量用于金属表面清洗剂、各种容器清洗剂，全溶后可做金属防锈剂、水垢清洗剂、电器件清洗剂，可用于食品工业洗涤剂。在采掘业、建筑业、造纸业、纺织业、陶瓷业中也有广泛用途。

表 17.10.6 层状结晶二硅酸钠的质量指标（GB/T 20214—2006）

项目	指标	项目		指标
钙交换能力(以 $CaCO_3$ 计)/(mg/g) ≥	300	灼烧失量(800℃±10℃,1h)/% ≤		1
镁交换能力(以 $MgCO_3$ 计)/(mg/g) ≥	370	化学组成	Na_2O+SiO_2 之和/% ≥	95
白度(*W*=*Y*)/% ≥	85		SiO_2 与 Na_2O 摩尔比值	2.0±0.1
pH 值(0.1%水溶液,25℃) ≤	12			

表 17.10.7 食用硅铝酸钠的质量指标（GB 25583—2010）

项目	指标	项目	指标
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%	66.0～76.0	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10
三氧化二铝(Al_2O_3)(质量分数)/%	9.0～13.0	干燥减重(质量分数)/% ≤	8.0
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/%	4.0～7.0	灼烧减量(质量分数)/%	8.0～13.0
铅(Pb)/(mg/kg) ≤	5	pH 值(20%浆液)	6.5～10.5
砷(As)/(mg/kg) ≤	3	外观	白色无定形细粉末或珠粒

表 17.10.8 食用硅酸钙铝的质量指标（GB 25582—2010）

项目	指标	项目	指标
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%	44.0～50.0	氟化物(以 F 计)/(mg/kg) ≤	50
三氧化二铝(Al_2O_3)(质量分数)/%	3.0～5.0	铅(Pb)/(mg/kg) ≤	5
氧化钙(CaO)(质量分数)/%	32.0～38.0	砷(As)/(mg/kg) ≤	3
氧化钠(Na_2O)(质量分数)/%	0.5～4.0	重金属(以 Pb 计)/(mg/kg) ≤	10
灼烧减量(质量分数)/%	14.0～18.0	干燥减重(质量分数)/% ≤	10.0

表 17.10.9 工业氟硅酸钠的质量指标（HG/T 3252—2000）

项目	指标		
	优等品	一等品	合格品
氟硅酸钠(质量分数)/% ≥	99.0	98.5	97.0
105℃干燥失量(质量分数)/% ≤	0.30	0.40	0.60
游离酸(以 HCl 计)(质量分数)/% ≤	0.10	0.15	0.20
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.15	—	—
硫酸盐(以 SO_2 计)(质量分数)/% ≤	0.25	—	—
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.02	—	—
细度(通过 250μm 试验筛) ≥	90	90	90
外观	无色六方结晶		

用途：玻璃和搪瓷的乳白剂、助熔剂、木材防腐剂、农业杀虫剂等。

表 17.10.10 工业氟硅酸钠的质量指标（GB 23936—2009）

项目		指标		
		优等品	一等品	合格品
氟硅酸钠(Na_2SiF_6)	≥	99.0	98.5	97.0
游离酸(以 HCl 计)(质量分数)/%	≤	0.10	0.15	0.20
105℃干燥减量(质量分数)/%		0.30	0.40	0.60
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/%		0.15	0.20	0.30
水不溶物(质量分数)/%	≤	0.4	0.5	—
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/%	≤	0.25	—	—
铁(Fe)(质量分数)/%	≤	0.02	—	—
五氧化二磷(P_2O_5)(质量分数)/%	≤	协商	协商	—
细度(通过 250μm 试验筛)(质量分数)/%	≥	90	90	90
外观		白色晶体	白色晶体	白色晶体

用途：用作搪瓷助熔剂、玻璃乳白剂、耐酸胶泥和耐酸混凝土的凝固剂及水的氟化处理，也可用作木材、皮革的防腐剂，并且是其他氟化物的生产原料。

表 17.10.11 六氟铝酸钠（冰晶石）的质量指标（GB 4291—2007）

牌号	化学成分(质量分数)/%									物理性能
	F	Al	Na	SiO_2	Fe_2O_3	SO_4^{2-}	CaO	P_2O_5	湿存水	烧碱量(质量分数)/%
	≥		≤							
CH-0	52	12	33	0.25	0.05	0.6	0.15	0.02	0.20	2.0
CH-1	52	12	33	0.36	0.08	1.0	0.20	0.03	0.40	2.5
CM-0	53	13	32	0.25	0.05	0.6	0.20	0.02	0.20	2.0
CM-1	53	13	32	0.36	0.08	1.0	0.6	0.03	0.40	2.5

用途：主要用作炼铝的助熔剂、农作物的杀虫剂、陶瓷釉要的熔融剂及乳白剂；也用于制造乳白玻璃等。

表 17.10.12 工业氟硅酸镁的质量指标（HG/T 2768—2009）

项目	指标		项目	指标	
	一等品	合格品		一等品	合格品
氟硅酸镁($MgSiF_6 \cdot 6H_2O$)(质量分数)/% ≥	98.5	98.0	水分(质量分数)/% ≤	0.3	0.5
硫酸镁($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)(质量分数)/% ≤	0.3	0.5	水不溶物(质量分数)/% ≤	0.2	0.3
氟硅酸(H_2SiF_6)(质量分数)/% ≤	0.5	0.6	外观	无色菱形或针状结晶	

用途：改善混凝土强度和硬度的硬化剂和防水剂等。

表 17.10.13 工业硅酸铅的质量指标（HG/T 3248—2000）

项目		指标	项目		指标
一氧化铅(PbO)(质量分数)/%	≥	84.5～85.5	三氧化二铝(Al_2O_3)(质量分数)/%	≤	0.10
二氧化硅(SiO_2)(质量分数)/%	≤	14.3～15.3	粒度		0
三氧化二铁(Fe_2O_3)(质量分数)/%	≤	0.015	2.24mm 试验筛余物(2.00～0.106mm)	≥	95.0
水分	≤	0.1			

用途：主要用于陶瓷及耐火性纺织品，用于涂料及热稳定剂。

表 17.10.14 陶瓷用硅酸锆的质量指标（JC/T 1094—2009）

项目	指标	
外观	白色粉末，不得有异物	
含水率/%	≤0.5	
颗粒分布/μm	D_{50}≤2.0，D_{98}≤10.0	
化学成分含量	氧化锆与氧化铪含量（ZrHf）O_2≥63.5%	
	氧化铁（Fe_2O_3）≤0.20%；氧化钛（Ti_2O_3）≤0.15%	
放射性核素要求	K-40	1×10^5 Bq/kg
	Ra-226（长期平衡中母核及其子体）	1×10^4 Bq/kg
	Th-天然（包括 Th-232）	1×10^3 Bq/kg

用途：乳白剂，面砖、地砖、卫瓷、食用陶瓷及电瓷等釉药乳浊剂，熔坯原料，耐火原料，树脂、涂料的填充料。

表 17.10.15 硼氢化钾的质量指标（HG/T 3584—1999）

项目	指标		项目	指标	
	一等品	合格品		一等品	合格品
硼氢化钾（质量分数）/% ≥	96.0	95.0	水分 ≤	0.5	0.5

用途：主要用作还原剂，用于有机选择性基团的还原反应；用于醛、酮、酰氯化物的还原剂，以及用于制氢和其他硼氢盐。也用于分析化学、造纸工业、含汞废水的处理及合成纤维素钾等。

表 17.10.16 液体硼氢化钠的质量指标（HG/T 3585—2009）

项目	固体硼氢化钠指标		硼氢化钠溶液指标
	优等品	一等品	
硼氢化钠（$NaBH_4$）（质量分数）/% ≥	98.0	97.0	11.80～12.20
干燥失量（质量分数）/% ≤	0.3	0.3	—
氢氧化钠	—	—	30.0～44.0
外观	白色结晶状粉末		无色或淡黄色液体

用途：适用于药品和精细化工制造；羰基、过氧化合物的还原；有机化学产品中颜色、臭味和氧化母体的去除；贵重、稀土金属的回收制取，催化剂的回收、制备。

表 17.10.17 四硼酸钾分析纯的质量指标　　单位：%（质量分数）

项目	指标	项目	指标	项目	指标
主含量（质量分数）/%	≥99.5	硫酸盐（SO_4）	≤0.005	铁（Fe）	≤0.0005
水不溶物	≤0.005	硝酸盐（NO_3）	≤0.005	重金属（以 Pb 计）	≤0.001
氯化物（Cl）	≤0.001	碳酸盐（CO_3）	合格	砷（As）	≤0.0005
钙（Ca）	≤0.005	磷酸盐（PO_4）	≤0.001		

用途：用于制消毒剂，也可作酪蛋白溶剂、抗磨添加剂以及焊接助熔剂的成分等。

表 17.10.18 氟硼酸钾的质量指标（GB/T 22667—2008）

牌号	化学成分（质量分数）/%							
	KBF_4	FH_3BO_4	Si	Na	Ca	Mg	Cl^-	湿存水
	≥	≤						
PFB-1	98	0.4	0.2	0.10	0.05	0.05	0.10	0.2
PFB-2	97	0.5	0.4	0.15	0.10	0.10	0.20	0.3

注：FH_3BO_3为游离硼酸。

表 17.10.19　pH 基准试剂四硼酸钠的质量指标（GB 6856—2008）

项　目	pH 基准	项　目	pH 基准
四硼酸钠溶液 pH(S)$_{II}$ 值(0.01mol/kg,25℃)	pH(S)$_{II}$ = pH(S)$_{I}$ ±0.01	碳酸盐(以 CO_3 计)(质量分数)/% ≤	合格
含量($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)(质量分数)/% ≥	99.5	镁及钙(以 Ca 计)(质量分数)/% ≤	0.005
澄清度试验 ≤	2 号	钾(K)(质量分数)/% ≤	0.05
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.002	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0001
氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.0005	砷(As)(质量分数)/% ≤	0.0001
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.005	重金属(以 Pb 计)(质量分数)/% ≤	0.0005
磷酸盐(以 PO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.001	外观	无色透明结晶粉末

表 17.10.20　化学试剂十水合四硼酸钠的质量指标（GB/T 632—2008）

项　目	指　标		
	优级纯	分析纯	化学纯
含量($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)(质量分数)/% ≥	99.5	99.5	99.0
澄清度试验	2 号	4 号	6 号
盐酸不溶物(质量分数)/% ≤	0.003	0.005	0.02
氯化物(Cl)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002	0.005
硫酸盐(SO_4)(质量分数)/% ≤	0.005	0.01	0.015
磷酸盐(PO_4)(质量分数)/% ≤	0.001	0.002	0.005
钙(Ca)(质量分数)/% ≤	0.005	0.005	0.02
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0001	0.0003	0.0005
铜(Cu)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	0.002
铅(Pb)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.001	0.002

表 17.10.21　工业十水合四硼酸二钠的质量指标（GB/T 537—2009）

项　目	指　标		项　目	指　标	
	Ⅰ型	Ⅱ型		Ⅰ型	Ⅱ型
主含量($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)(质量分数)/% ≥	99.5	95.0	氯化物(以 Cl 计)(质量分数)/% ≤	0.03	0.05
碳酸盐(以 CO_2 计)(质量分数)/% ≤	0.10	0.20	铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.002	0.005
水不溶物(质量分数)/% ≤	0.04	0.04	外观	白色细小结晶	
硫酸盐(以 SO_4 计)(质量分数)/% ≤	0.1	0.2			

用途：用于玻璃和搪瓷行业。在油井、水井压裂施工中，用其配制交联液。

表 17.10.22　工业过硼酸钠的质量指标（HG/T 2518—2008）

项　目		指　标	
		一水过硼酸钠	四水过硼酸钠
活性氧(O)(质量分数)/% ≥		15.1	10.0
pH 值(30g/L 水溶液)		9.9～10.9	9.9～10.9
铁(Fe)(质量分数)/% ≤		0.0015	0.0015
稳定性/% ≥		82	82
堆积密度/(g/mL)		0.50～0.64	0.50～0.85
粒度/%	筛余物(孔径>0.85mm)	供需双方协调	
	筛余物(孔径>0.425mm)	供需双方协调	
	筛余物(孔径<0.15mm)	供需双方协调	
外观		白色易流动颗粒或白色粉末	

用途：用作氧化剂、消毒剂、杀菌剂、媒染剂、脱臭剂、电镀溶液添加剂。

表 17.10.23 涂料用偏硼酸钡的质量指标（GB 9759—88）

项目	指标	项目	指标
氧化钡(BaO)(质量分数)/%	54～61	筛余物(300目)(质量分数)/% ≤	0.5
三氧化二硼(B_2O_3)(质量分数)/%	21～28	吸油量/(g/100mL颜料) ≤	30
水可溶分/(g/100mL) ≤	0.3	挥发物(质量分数)/% ≤	1
水悬浮液pH值	9～10.5		

用途：用于涂料工业中的底漆、面漆，是一种新型无毒防锈颜料，也用于陶瓷、造纸、橡胶、纺织品及塑料等行业中。

表 17.10.24 涂料用偏硼酸钡的质量指标（HG/T 3007—1999）

项目	指标	项目	指标
氧化钡(质量分数)/%	56～61	水悬浮液pH值	9.0～10.5
三氧化二硼(质量分数)/%	22～28	筛余物,(45μm筛孔)(质量分数)/% ≤	0.5
二氧化硅(质量分数)/%	4～9	吸油量/(g/100g)	20～35
水可溶分/(g/100mL) ≤	0.30	挥发物(质量分数)/% ≤	1

表 17.10.25 饲料用亚硒酸钠的质量指标（HG 2937—1999）

项目	指标	项目	指标
亚硒酸钠(NaSe)含量(以干基计)/% ≥	98.0	溶解试验	全溶,清澈透明
亚硒酸钠(以Se计)含量(以干基计)/% ≥	44.7	硒酸盐及硫酸盐含量/% ≤	0.03
干燥减量/% ≤	1.0	外观	无色结晶粉末

用途：在饲料加工中主要用作硒的预混合料的原料。

表 17.10.26 无水肼的质量指标（GB 98—86）

项目	指标	项目	指标
肼(质量分数)/% ≥	98.5	颗粒物(质量分数)/% ≤	1.0
残渣(质量分数)/% ≤	0.005	二氧化碳(质量分数)/% ≤	0.02
水(质量分数)/% ≤	1.0	铁(质量分数)/% ≤	0.002
氯(质量分数)/% ≤	0.0005	外观	无色油状液体

用途：主要作制发泡剂、农作物杀虫剂和水处理用。

表 17.10.27 工业水合肼的质量指标（HG/T 3259—2004）

项目	指标						
	80			64	55	40	35
	优等品	一等品	合格品	合格品			
水合肼($N_2H_4 \cdot H_2O$)(质量分数)/% ≥	80.0	80.0	80.0	64.0	55.0	40.0	35.0
肼(N_2H_4)(质量分数)/% ≥	51.2	51.2	51.2	41.0	35.2	25.6	22.4
铁(Fe)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.005	0.009	—	—
重金属(以Pb计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.0005	0.0005	0.001	0.002	—	—
不挥发物(质量分数)/% ≤	0.010	0.020	0.050	0.07	0.09	—	—
氯化物(以Cl计)(质量分数)/% ≤	0.001	0.003	0.005	0.01	0.03	0.05	0.07
硫酸盐(以SO_4计)(质量分数)/% ≤	0.0005	0.002	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01
总有机物/(mg/L)	5	5	5	5	5	5	5
pH值(1%水溶液)	10～11	10～11	10～11	10～11	10～11	10～11	10～11

注：低于55%者为无色透明或微带浑浊的液体；高于55%者为无色透明发烟液体。

用途：是生产农药、医药、中间体、染料、显像剂、抗氧剂的原料，还用于制造高纯金属、合成纤维及稀有元素分离，此外还是生产火箭燃料和药的原料。

无机卷附录

附录 1　门捷列夫元素周期表

碱金属　碱土金属　过渡金属
主族金属　非金属　稀有气体

周期	ⅠA	ⅡA	ⅢB	ⅣB	ⅤB	ⅥB	ⅦB	Ⅷ			ⅠB	ⅡB	ⅢA	ⅣA	ⅤA	ⅥA	ⅦA	
1	1 H 氢 1.0079																	2 He 氦 4.0026
2	3 Li 锂 6.941	4 Be 铍 9.0122											5 B 硼 10.811	6 C 碳 12.011	7 N 氮 14.007	8 O 氧 15.999	9 F 氟 18.998	10 Ne 氖 20.17
3	11 Na 钠 22.9898	12 Mg 镁 24.305											13 Al 铝 26.982	14 Si 硅 28.085	15 P 磷 30.974	16 S 硫 32.06	17 Ci 氯 35.453	18 Ar 氩 39.94
4	19 K 钾 39.098	20 Ca 钙 40.08	21 Sc 钪 44.956	22 Ti 钛 47.9	23V 钒 50.9415	24 Cr 铬 51.996	25 Mn 锰 54.938	26 Fe 铁 55.84	27 Co 钴 58.9332	28 Ni 镍 58.69	29 Cu 铜 63.54	30 Zn 锌 65.38	31 Ga 镓 69.72	32 Ge 锗 72.59	33 As 砷 74.9216	34 Se 硒 78.9	35 Br 溴 79.904	36 Kr 氪 83.8
5	37 Rb 铷 85.467	38 Sr 锶 87.62	39 Y 钇 88.906	40 Zr 锆 91.22	41 Nb 铌 92.9064	42 Mo 钼 95.94	43 Tc 锝 99	44 Ru 钌 101.07	45 Rh 铑 102.906	46 Pd 钯 106.42	47 Ag 银 107.868	48 Cd 镉 112.41	49 In 铟 114.82	50 Sn 锡 118.6	51 Sb 锑 121.7	52 Te 碲 127.6	53 I 碘 126.905	54 Xe 氙 131.3
6	55 Cs 铯 132.905	56 Ba 钡 137.33	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 铪 178.4	73 Ta 钽 180.947	74 W 钨 183.8	75 Re 铼 186.207	76 Os 锇 190.2	77 Ir 铱 192.2	78 Pt 铂 195.08	79 Au 金 196.967	80 Hg 汞 200.5	81 Tl 铊 204.3	82 Pb 铅 207.2	83 Bi 铋 208.98	84 Po 钋 (209)	85 At 砹 (201)	86 Rn 氡 (222)
7	87 Fr 钫 (223)	88 Ra 镭 226.03	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 𬬻 (261)	105 Db 𬭊 (262)	106 Sq 𬭳 (266)	107 Bh 𬭛 (264)	108 Hs 𬭶 (269)	109 Mt 鿏 (268)	110 Ds 𫟼 (271)	111 Rg 𬬭 (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (292)	117 Uus	118 Uuo
		镧系	57 La 镧 138.905	58 Ce 铈 140.12	59 Pr 镨 140.91	60 Nd 钕 144.2	61 Pm 钷 147	62 Sm 钐 150.4	63 Eu 铕 151.96	64 Gd 钆 157.25	65 Tb 铽 158.93	66 Dy 镝 162.5	67 Ho 钬 164.93	68 Er 铒 167.2	69 Tm 铥 168.934	70 Yb 镱 173.0	71 Lu 镥 174.96	
		锕系	89 Ac 锕 (227)	90 Th 钍 232.03	91 Pa 镤 231.03	92 U 铀 238.02	93 Np 镎 237.04	94 Pu 钚 (244)	95 Am 镅 (243)	96 Cm 锔 (247)	97 Bk 锫 (247)	98 Cf 锎 (251)	99 Es 锿 (254)	100 Fm 镄 (257)	101 Md 钔 (258)	102 No 锘 (259)	103 Lr 铹 (260)	

附录 2　化学元素的名称、符号、原子量和族别

a．按原子序数排列

原子序数	名　称	符　号	相对原子量	族　别	原子序数	名　称	符　号	相对原子量	族　别
1	氢	H	1.0079	ⅠA	60	钕	Nd	144.24	ⅢB
2	氦	He	4.0026	ⅧA	61	钷	Pm	144.91	ⅢB
3	锂	Li	6.941	ⅠA	62	钐	Sm	150.36	ⅢB
4	铍	Be	9.0122	ⅡA	63	铕	Eu	151.96	ⅢB
5	硼	B	10.811	ⅢA	64	钆	Gd	157.25	ⅢB
6	碳	C	12.011	ⅣA	65	铽	Tb	158.93	ⅢB
7	氮	N	14.007	ⅤA	66	镝	Dy	162.50	ⅢB
8	氧	O	15.999	ⅥA	67	钬	Ho	164.93	ⅢB
9	氟	F	18.998	ⅦA	68	铒	Er	167.26	ⅢB
10	氖	Ne	20.180	ⅧA	69	铥	Tm	168.93	ⅢB
11	钠	Na	22.990	ⅠA	70	镱	Yb	173.04	ⅢB
12	镁	Mg	24.305	ⅡA	71	镥	Lu	174.97	ⅢB
13	铝	Al	26.982	ⅢA	72	铪	Hf	178.49	ⅣB
14	硅	Si	28.086	ⅣA	73	钽	Ta	180.95	ⅤB
15	磷	P	30.974	ⅤA	74	钨	W	183.84	ⅥB
16	硫	S	32.066	ⅥA	75	铼	Re	186.21	ⅦB
17	氯	Cl	35.453	ⅦA	76	锇	Os	190.23	ⅧB
18	氩	Ar	39.948	ⅧA	77	铱	Ir	192.22	ⅧB
19	钾	K	39.098	ⅠA	78	铂	Pt	195.08	ⅧB
20	钙	Ca	40.078	ⅡA	79	金	Au	196.97	ⅠB
21	钪	Sc	44.956	ⅢB	80	汞	Hg	200.59	ⅡB
22	钛	Ti	47.867	ⅣB	81	铊	Tl	204.38	ⅢA
23	钒	V	50.942	ⅤB	82	铅	Pb	207.2	ⅣA
24	铬	Cr	51.996	ⅥB	83	铋	Bi	208.98	ⅤA
25	锰	Mn	54.938	ⅦB	84	钋	Po	208.98	ⅥA
26	铁	Fe	55.845	ⅧB	85	砹	At	209.99	ⅦA
27	钴	Co	58.933	ⅧB	86	氡	Rn	222.02	ⅧA
28	镍	Ni	58.693	ⅧB	87	钫	Fr	223.02	ⅠA
29	铜	Cu	63.546	ⅠB	88	镭	Ra	226.03	ⅡA
30	锌	Zn	65.39	ⅡB	89	锕	Ac	227.03	ⅢB
31	镓	Ga	69.723	ⅢB	90	钍	Th	232.04	ⅢB
32	锗	Ge	72.61	ⅣA	91	镤	Pa	231.04	ⅢB
33	砷	As	74.922	ⅤA	92	铀	U	238.03	ⅢB
34	硒	Se	78.96	ⅥA	93	镎	Np	237.05	ⅢB
35	溴	Br	79.904	ⅦA	94	钚	Pu	244.06	ⅢB
36	氪	Kr	83.80	ⅧA	95	镅	Am	243.06	ⅢB
37	铷	Rb	85.468	ⅠA	96	锔	Cm	247.07	ⅢB
38	锶	Sr	87.62	ⅡA	97	锫	Bk	247.07	ⅢB
39	钇	Y	88.906	ⅢB	98	锎	Cf	251.08	ⅢB
40	锆	Zr	91.224	ⅣB	99	锿	Es	252.08	ⅢB
41	铌	Nb	92.906	ⅤB	100	镄	Fm	257.10	ⅢB
42	钼	Mo	95.94	ⅥB	101	钔	Md	258.10	ⅢB
43	锝	Tc	97.907	ⅦB	102	锘	No	259.10	ⅢB
44	钌	Ru	101.07	ⅧB	103	铹	Lr	262.11	ⅢB
45	铑	Rh	102.91	ⅧB	104	𬬻	Rf	261.11	ⅣB
46	钯	Pd	106.42	ⅧB	105	𬭊	Db	262.11	ⅤB
47	银	Ag	107.87	ⅠB	106	𬭳	Sq	263.12	ⅥB
48	镉	Cd	112.41	ⅡB	107	𬭛	Bh	264.12	ⅦB
49	铟	In	114.82	ⅢA	108	𬭶	Hs	265.13	ⅧB
50	锡	Sn	118.71	ⅣA	109	鿏	Mt	(268)	ⅧB
51	锑	Sb	121.76	ⅤA	110	𫟼	Ds	(271)	ⅧB
52	碲	Te	127.60	ⅥA	111	𬬭	Rg	(272)	ⅠB
53	碘	I	126.90	ⅦA	112	鿔	Cn	(277)	ⅡB
54	氙	Xe	131.29	ⅧA	113		Uut	(284)	ⅢA
55	铯	Cs	132.91	ⅠA	114		Uuq	(289)	ⅣA
56	钡	Ba	137.33	ⅡA	115		Uup	(288)	ⅤA
57	镧	La	138.91	ⅢB	116		Uuh	(292)	ⅥA
58	铈	Ce	140.12	ⅢB	117		Uus		ⅦA
59	镨	Pr	140.91	ⅢB	118		Uuo		ⅧA

注：1. 本表根据IUPAC1995年提供的5位有效数字原子量数据，以 $^{12}C=12$ 为基状的原子量，基中原子量序数87～108为半衰最长的原子量，括号内数字为最稳定的同位素原子量。

2. 原子序数1、3、11、19、37、55、87分别为周期表中第1、2、3、4、5、6、7周期中的第1个元素；原子序数43、61、62及84～112为放射性元素（43、61及95～118为人造元素），原子序数57～71为镧系元素；89～103为锕系元素。

3. 族别中A为主族，B为副族。

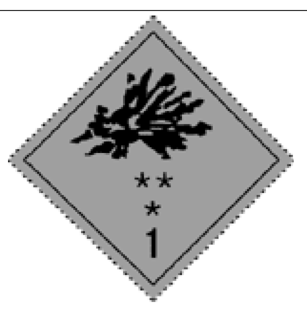
b. 按元素字母排列

符　号	名　称	原子量	原子序数	族　别	符　号	名　称	原子量	原子序数	族　别
Ac	锕	227.03	89	ⅢB	Mt	鿏	(268)	109	ⅧB
Ag	银	107.87	47	ⅠB	Nb	铌	92.906	41	ⅤB
Al	铝	26.982	13	ⅢA	Nd	钕	144.24	60	ⅢB
Am	镅	243.06	95	ⅢB	N	氮	14.007	7	ⅤA
Ar	氩	39.948	18	ⅧA	Na	钠	22.990	11	ⅠA
As	砷	74.922	33	ⅤA	Ne	氖	20.180	10	ⅧA
At	砹	209.99	85	ⅦA	Ni	镍	58.693	28	ⅧB
Au	金	196.97	79	ⅠB	No	锘	259.10	102	ⅢB
B	硼	10.811	5	ⅢA	Np	镎	237.05	93	ⅢB
Ba	钡	137.33	56	ⅡA	O	氧	15.999	8	ⅥA
Be	铍	9.0122	4	ⅡA	Os	锇	190.23	76	ⅧB
Bh	𨨏	264.12	107	ⅦB	P	磷	30.974	15	ⅤA
Bi	铋	208.98	83	ⅤA	Pa	镤	231.04	91	ⅢB
Bk	锫	247.07	97	ⅢB	Pb	铅	207.2	82	ⅣA
Br	溴	79.904	35	ⅦA	Pd	钯	106.42	46	ⅧB
C	碳	12.011	6	ⅣA	Pm	钷	144.91	61	ⅢB
Ca	钙	40.078	20	ⅡA	Po	钋	208.98	84	ⅥA
Cd	镉	112.41	48	ⅡB	Pr	镨	140.91	59	ⅢB
Ce	铈	140.12	58	ⅢB	Pt	铂	195.08	78	ⅧB
Cf	锎	251.08	98	ⅢB	Pu	钚	244.06	94	ⅢB
Cl	氯	35.453	17	ⅦA	Ra	镭	226.03	88	ⅡA
Cm	锔	247.07	96	ⅢB	Rb	铷	85.468	37	ⅠA
Cn	鿔	261.11	112	ⅣB	Re	铼	186.21	75	ⅦB
Co	钴	58.933	27	ⅧB	Rf	𬬻	261.11	104	ⅣB
Cr	铬	51.996	24	ⅥB	Rg	𬬭	(272)	111	ⅠB
Cs	铯	132.91	55	ⅠA	Rh	铑	102.91	45	ⅧB
Cu	铜	63.546	29	ⅠB	Rn	氡	222.02	86	ⅧA
Db	𨧀	262.11	105	ⅤB	Ru	钌	101.07	44	ⅧB
Ds	鐽	(271)	110	ⅧB	S	硫	32.066	16	ⅥA
Dy	镝	162.50	66	ⅢB	Sq	𨭎	263.12	106	ⅥB
Er	铒	167.26	68	ⅢB	Sb	锑	121.76	51	ⅤA
Es	锿	252.08	99	ⅢB	Sc	钪	44.956	21	ⅢB
Eu	铕	151.96	63	ⅢB	Se	硒	78.96	34	ⅥA
F	氟	18.998	9	ⅦA	Si	硅	28.086	14	ⅣA
Fe	铁	55.845	26	ⅧB	Sm	钐	150.36	62	ⅢB
Fm	镄	257.10	100	ⅢB	Sn	锡	118.71	50	ⅣA
Fr	钫	223.02	87	ⅠA	Sr	锶	87.62	38	ⅡA
Ga	镓	69.723	31	ⅢB	Ta	钽	180.95	73	ⅤB
Gd	钆	157.25	64	ⅢB	Tb	铽	158.93	65	ⅢB
Ge	锗	72.61	32	ⅣA	Tc	锝	97.907	43	ⅦB
H	氢	1.0079	1	ⅠA	Te	碲	127.60	52	ⅥA
He	氦	4.0026	2	ⅧA	Th	钍	232.04	90	ⅢB
Hf	铪	178.49	72	ⅣB	Ti	钛	47.867	22	ⅣB
Hg	汞	200.59	80	ⅡB	Tl	铊	204.38	81	ⅢA
Ho	钬	164.93	67	ⅢB	Tm	铥	168.93	69	ⅢB
Hs	𬭶	265.13	108	ⅧB	U	铀	238.03	92	ⅢB
I	碘	126.90	53	ⅦA	Uun		(269)	116	ⅧB
In	铟	114.82	49	ⅢA	Uuo			118	ⅧA
Ir	铱	192.22	77	ⅧB	Uup		(288)	115	ⅤA
K	钾	39.098	19	ⅠA	Uuq		(289)	114	ⅣA
Kr	氪	83.80	36	ⅧA	Uus			117	ⅦA
La	镧	138.91	57	ⅢB	Uut		(284)	113	ⅢA
Li	锂	6.941	3	ⅠA	V	钒	50.942	23	ⅤB
Lr	铹	262.11	103	ⅢB	W	钨	183.84	74	ⅥB
Lu	镥	174.97	71	ⅢB	Xe	氙	131.29	54	ⅧA
Md	钔	258.10	101	ⅢB	Y	钇	88.906	39	ⅢB
Mg	镁	24.305	12	ⅡA	Yb	镱	173.04	70	ⅢB
Mn	锰	54.938	25	ⅦB	Zn	锌	65.39	30	ⅡA
Mo	钼	95.94	42	ⅥB	Zr	锆	91.224	40	ⅣB

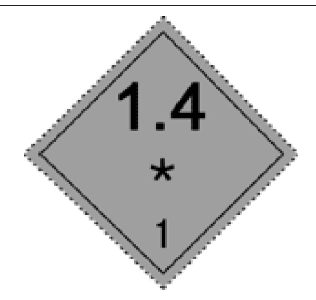
注：同附录1。

附录 3　危险物品分类和标志

第一类:爆炸物质和物品



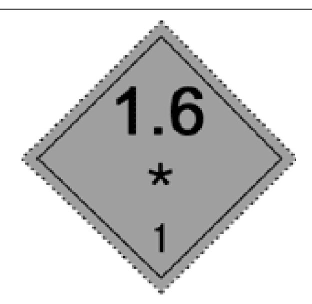
1.1　有整体爆炸危险的物质和物品
1.2　1.1类之外的有喷射危险性物品
1.3　1.1类之外的有燃烧危险和较小爆炸或(和)较小喷射危险的物品
符号:爆炸的炸弹,黑色 底色:橙黄色



1.4　无重大危险的爆炸物质和物品
底色:橙黄色　数字:黑色



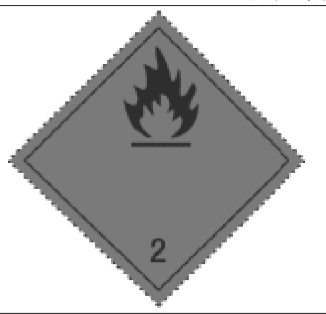
1.5　有整体爆炸危险性而敏感度极低的物质　底色:橙黄色

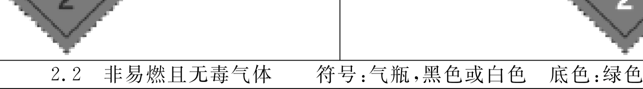


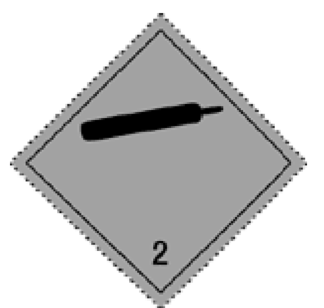
1.6　无整体爆炸危险性且敏感度极低的物质　底色:橙黄色

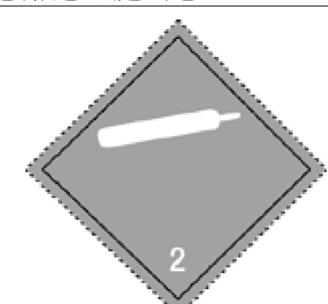
第二类:压缩气体和液化气体

2.1　易燃气体　符号:火焰,黑色或白色　底色:红色



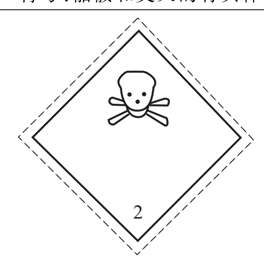

2.2　非易燃且无毒气体　　符号:气瓶,黑色或白色　底色:绿色





续表

2.3　有毒气体　　符号:骷髅和交叉的骨头棒,黑色　底色:白色



第三类:易燃液体





3.1　低闪点液体;　3.2　中闪点液体;　3.3　高闪点液体

符号:火焰,黑色或白色　底色:红色

第四类　易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品



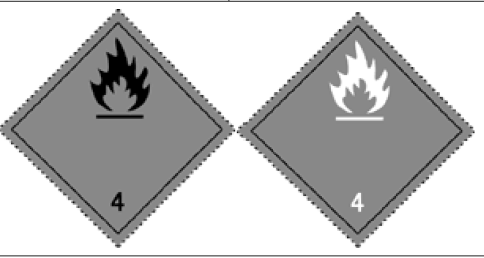
4.1 易燃固体　　符号:火焰,黑色

底色:白色加上七条竖直红色条带



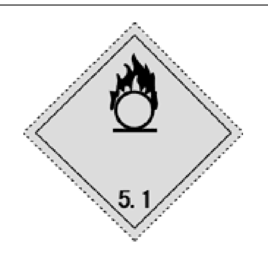
4.2 易自燃物质　　符号:火焰,黑色

底色:上半部为白色,下半部为红色

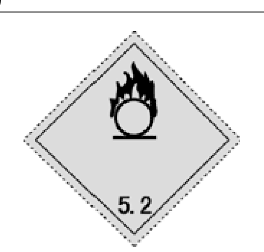


4.3 遇水放出易燃气体的物质　　符号:火焰,黑色或白色　底色:蓝色

第五类　氧化剂和有机过氧化物



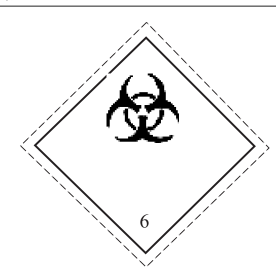
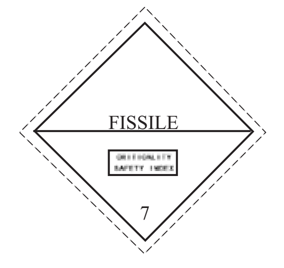
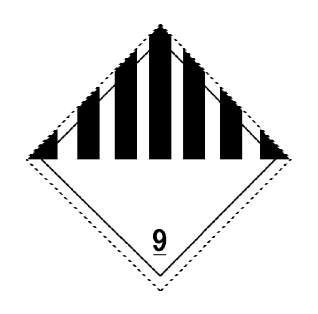
5.1 氧化剂(物质)



5.2 有机过氧化物

符号:圆圈上带有火焰,黑色　底色:黄色

续表

第六类　有毒物质和感染性物品	
	
6.1有毒物质　符号:黑色骷髅和交叉的骨头棒　底色:白色	6.2感染性物质　符号:三个黑色新月形符号沿一个圆圈重叠在一起　底色:白色
第七类:放射性物质	
	
强制性要求:放射性物质标注“放射性”、品名和强度	
Ⅰ级——白色　符号:黑色三叶形　底色:白色 “放射性”字样后标上一条垂直的红色短杠	Ⅱ级——黄色　符号:黑色三叶形　底色:上半部黄色加白边，下半部白色。“放射性”字样的后面标上二条垂直的红色短杠
	
Ⅲ级——黄色　在一个黑框里标出运输指数 “放射性”字样后面标上三条垂直的红色短杠	裂变性物质　底色:白色 上半部用黑体标出“裂变性”字样 在黑框内标出临界安全指数
第八类:腐蚀性物质	第九类:杂类危险物质和物品
 8.1　酸性腐蚀品；8.2　碱性腐蚀品； 8.3　其他腐蚀品	
符号:两个玻璃容器流出来的黑色液体,侵蚀到手和金属上底色:上半部白色,下半部黑色带白边	符号:上半部有7条黑色竖直条带　底色:白色

附录 4　危险品特性总览中风险性代号

风险代号	风 险 性 特 征	风险代号	风 险 性 特 征
R1	干燥时易爆	R45	可能致癌
R2	受冲击、摩擦、着火或其他引燃源有爆炸危险	R46	可能引起遗传性基因损害
R3	受冲击、摩擦、着火或其他引燃源有极高爆炸危险	R47	可能引起胎儿缺陷
R4	生成极敏感的爆炸性金属化合物	R48	长期接触严重危害健康
R5	受热可能引起爆炸	R49	吸入可能致癌
R6	极容易爆炸	R50	对水生生物有极高毒性
R7	可能引起火灾	R51	对水生生物有毒
R8	与可燃物料接触可能引起火灾	R52	对水生生物有害
R9	与可燃物料混合有爆炸性	R53	可能对水体环境产生长期不良影响
R10	易燃	R54	对植物有毒
R11	高度易燃	R55	对动物有毒
R12	极度易燃	R56	对土壤生物有毒
R13	极度易燃的液化气体	R57	对蜂类有毒
R14	遇水反应剧烈	R58	可能对环境产生长期不良影响
R15	遇水释放极易燃烧的气体	R59	对臭氧层有危害
R16	与氧化性物质混合有爆炸性	R60	可能损害生育能力
R17	在空气中可自燃	R61	可能对胎儿造成伤害
R18	使用时可能产生易燃易爆的蒸气-空气混合物	R62	有损害生育能力的危险
R19	可能生成爆炸性过氧化物	R63	可能有对胎儿造成伤害的危险
R20	吸入有害	R64	可能对哺乳期婴儿造成伤害
R21	与皮肤接触有害	R65	吞食可能造成肺部损伤
R22	吞食有害	R66	长期接触可能引起皮肤干裂
R23	吸入有毒	R67	蒸气可能引起困倦和眩晕
R24	与皮肤接触有毒	R68	可能有不可逆后果的危险
R25	吞食有毒	R20/21	吸入及皮肤接触有害
R26	吸入有极高毒性	R20/21/22	吸入、皮肤接触及吞食有害
R27	与皮肤接触有极高毒性	R20/22	吸入及吞食有害
R28	吞食有极高毒性	R21/22	皮肤接触及吞食有害
R29	遇水释放有毒气体	R23/24/25	吸入、皮肤接触及吞食有毒
R30	使用中高度易燃	R23/25	吸入及吞食有毒
R31	遇酸释放有毒气体	R26/27/28	吸入、皮肤接触及吞食有极高毒性
R32	与酸接触释放极高毒性气体	R26/28	吸入及吞食有极高毒性
R33	有累积效应的危险品	R36/37	刺激眼睛和呼吸系统
R34	引起灼伤	R36/37/38	刺激眼睛、呼吸系统和皮肤
R35	引起严重灼伤	R36/38	刺激眼睛和皮肤
R36	刺激眼睛	R37/38	刺激呼吸系统和皮肤
R37	刺激呼吸系统	R42/43	吸入及皮肤接触可能致敏
R38	刺激皮肤	R48/22	吞食、长期接触严重危害健康
R39	有极严重的不可逆后果的危险品	R50/53	对水生生物有极高毒性，可能对水体环境产生长期不良影响
R40	少数报道有致癌后果		
R41	对眼睛有严重伤害	R51/53	对水生生物有毒，可能对水体环境产生长期不良影响
R42	吸入可能致敏		
R43	与皮肤接触可能致敏	R52/53	对水生生物有害，可能对水体环境产生长期不良影响
R44	密闭加热有爆炸危险		

附录5 危险品特性总览中的安全措施号

安全措施号	安全措施	安全措施号	安全措施
S1	上锁保存	S37	戴适当手套
S2	避免儿童触及	S38	通风不良时,必须佩戴适当的呼吸器
S3	保存在阴凉处	S39	戴护目镜或面具
S4	远离生活区	S40	使用适当的清洁物质清理被污染的地面及其他所有物品
S5	内容物需保存在(某种液体)下面	S41	一旦发生火灾或爆炸,切勿吸入烟雾
S6	需保存在(某种惰性液体)下面	S42	熏蒸喷洒时,必须佩戴适当的呼吸器
S7	保持容器密封	S43	一旦起火,用灭火设备灭火
S8	保持容器干燥	S45	若发生事故或感不适,立即就医(可能的话,出示其标签)
S9	保持容器置于良好通风处	S46	若不慎吞食,立即求医并出示其容器或标签
S12	勿将容器密封	S47	保持温度不超过……
S13	远离食品、饮料和动物饲料保存	S48	用(某种物质)保湿
S14	远离(不相容物质)保存	S49	只能由原容器保存
S15	远离热源	S50	切勿与×××混合
S16	远离火源	S51	仅在通风良好的场所使用
S17	远离可燃性物质	S52	不宜在表面积大的区域内部使用
S18	小心处理及开启容器	S53	避免接触,使用前必须获得特别指示说明
S20	使用时不得进食、饮水	S56	在危险或特殊性废料收集点处置该物质及其容器
S21	使用时禁止吸烟	S57	使用适当容器避免环境污染
S22	切勿吸入粉尘	S59	参考制造商、供货商提供的回收再利用信息
S23	切勿吸入蒸气	S60	该物质及其容器必须作为危险性废料处置
S24	避免皮肤接触	S61	避免释放至环境中,参考特别说明安全数据说明书
S25	避免眼睛接触	S62	若吞食,切勿自行采取催吐措施;应立即求医,并出示其容器或标签由医生处理
S26	不慎与眼睛接触后,请立即用大量清水冲洗并征求医生意见	S1/2	上锁保存,并避免儿童触及
S27	一旦衣物受到污染,请立即脱去	S24/25	避免与皮肤和眼睛接触
S28	不慎与皮肤接触后,立即用大量肥皂水冲洗	S36/37	穿戴适当的防护服和手套
S29	切勿倒入下水道	S36/37/39	穿戴适当的防护服、手套和护目镜或面具
S30	切勿将水加入该产品中	S37/39	戴适当的手套和护目镜或面具
S33	采取措施,预防静电发生		
S35	请小心处理该物质及其容器		
S36	穿戴适当的防护服		

附录6 建筑规范火险分级(GB 50016—2010)

类别	火灾危险性特征
甲	1.闪点小于28℃的液体 2.爆炸下限小于10%的气体 3.常温下能自行分解或在空气中氧化能导致迅速自燃或爆炸的物质 4.常温下受到水或空气中水蒸气的作用,能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 5.遇酸、受热、撞击、摩擦、催化以及遇有机物或硫黄等易燃的无机物,极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 6.受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质 7.在密闭设备内操作温度不小于物质本身自燃点的生产(仅用于生产类建筑)

续表

类别	火灾危险性特征
乙	1.闪点不小于28℃,但小于60℃的液体 2.爆炸下限不小于10%的气体 3.不属于甲类的氧化剂 4.不属于甲类的化学易燃危险固体 5.助燃气体 6.(生产类建筑)能与空气形成爆炸性混合物的浮游状态的粉尘、纤维、闪点不小于60℃的液体雾滴。(仓库类建筑)常温下与空气接触能缓慢氧化,积热不散引起自燃的物品
丙	1.闪点不小于60℃的液体 2.可燃固体
丁	生产类建筑:1. 对不燃烧物质进行加工,并在高温或熔化状态下经常产生强辐射热、火花或火焰的生产;2. 利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体作燃烧作其他用的各种生产;3. 常温下使用或加工难燃烧物质的生产 仓库类建筑:难燃烧物品
戊	生产类建筑:常温下使用或加工不燃烧物质的生产 仓库类建筑:不燃烧物品

参 考 文 献

[1] 化学工程手册编委会. 化学工程手册（第一篇）. 北京：化学工业出版社，1980.
[2] ［苏］拉宾诺维奇 B. A. 等著. 尹承烈等译. 简明化学手册. 北京：化学工业出版社，1983.
[3] 甘肃师范大学化学系. 简明化学手册. 兰州：甘肃人民出版社，1980.
[4] 北京师范大学化学系无机化学教研室. 简明化学手册. 北京：北京出版社，1980.
[5] 李述文，范如霖编译. 实用有机化学手册. 上海：上海科学技术出版社，1981.
[6] 张家荣. 工程常用物质的热物理性质手册. 北京：新时代出版社，1987.
[7] 曾锦池编译. 工程设计速算图. 台北：徐氏基金会，1983.
[8] 庞麓鸣，陈军健编. 水和水蒸气热力性质图和简表. 北京：人民教育出版社，1983.
[9] 马建隆，宋之平编. 实用热工手册. 北京：水利电力出版社，1988.
[10] 天津大学化工原理教研室. 化工原理（上）. 天津：天津科学技术出版社，1987.
[11] 张向宇等编. 实用化学手册. 北京：国防工业出版社，1986.
[12] 马庆芳等编. 实用热物理性质手册. 北京：中国农业机械出版社，1986.
[13] 中国医药公司上海化学试剂采购供应站编. 试剂手册. 第2版. 上海：上海科学技术出版社，1985.
[14] 张受谦主编. 化工手册. 济南：山东科学技术出版社，1986.
[15] 卢焕章等编. 石油化工基础数据手册. 北京：化学工业出版社，1982.
[16] 顾庆超，楼中聪等编. 化工用表. 南京：江苏科学技术出版社，1979.
[17] 吉林化工工业公司设计院，化工部中国环球化学工程公司. 化工工艺算图（1-2）. 北京：化学工业出版社，1982.
[18] 天津化工研究院等编. 无机盐工业手册. 北京：化学工业出版社，1979.
[19] ［美］艾伯特·梅兰著. 工业溶剂手册. 孔德琨等译. 北京：冶金工业出版社，1984.
[20] 王延吉等. 有机化工原料. 北京：化学工业出版社，2008.
[21] 王光建等. 无机化工原料. 北京：化学工业出版社，2008.
[22] 张维凡，张海峰. 常用化学危险物品安全手册. 北京：化学工业出版社，1994.
[23] ［美］詹姆斯·斯佩特 G 编著. 化学工程师实用数据手册. 陈晓春等译. 北京：化学工业出版社，2006.
[24] Никольский B П 主编. 苏联化学手册（第一、二册）. 陶坤译，北京：科学出版社，1958.